

Centro UC
de Innovación
en Madera

MADERA MAULE

Proyecto Diagnóstico Brechas
Elaboración Paneles Constructivos Madera
Código Bip N° 40027751-0

Diagnostico Brechas Elaboración Paneles Constructivos Madera Código BIP N° 40027751-0

Este proyecto se desarrolla en el marco de convenio trabajo entre el Gobierno Regional del Maule y la Corporación Regional de Desarrollo Productivo del Maule y bajo la ejecución de la Pontificia Universidad Católica de Chile.

Primera versión: Marzo 2024

Esta edición ha sido creada por el equipo del Centro UC de Innovación en Madera. Todos los derechos reservados. Esta publicación o cualquier parte de la misma no debe ser reproducida en ninguna forma sin el permiso escrito del Centro UC de Innovación en Madera o de la Corporación Regional de Desarrollo Productivo del Maule.

Autoría

Francisco Eckhardt C.
Enric Serra R.

Colaboradores

Fernando Mendoza
Matías Fernandez
Germán Rogers

Ilustración

Fabiana Lorca
José Francisco Guarda
María Paz Muñoz

Diseño y diagramación

Vanessa Naranjo

Centro UC de Innovación en Madera (CIM UC)

Dirección: Centro de Innovación UC Anacleto Angelini, Piso 7, Santiago, Chile.

Email: contactocim@uc.cl

madera.uc.cl

ÍNDICE

INDICE GENERAL

Índice.....	4	Otros.....	25
Introducción general.....	10	Esquema de productos elaborados.....	25
Informe 1: Capacidad empresarial	12	Caracterización de las empresas participantes	26
Introducción	14	Universo de empresas	27
Glosario.....	16	Distribución geográfica de empresas participantes.....	27
Procesos actuales de la industria.....	20	Polo talca eje 5 sur.....	27
Generalidades.....	21	Polo constitución.....	27
Materia prima.....	21	Chanco-cauquenes.....	27
Sistema de trazabilidad y recepción.....	21	Polo empedrado.....	27
Acopio de trozos.....	21	Datos relevantes para la evaluación	28
Aserrío.....	22	Volumen de madera aserrada producida.....	28
Alimentación de aserradero.....	22	Relación de las pymes con ARAUCO y CMPC.....	28
Descortezado.....	22	Importancia de la madera aserrada estructural	29
Corte de basas.....	22	Mito de la madera central.....	29
Corte de escuadrías.....	23	Preocupación por incendios forestales	29
Corte de subproductos aserrados.....	23	Características técnicas de las empresas.....	30
Transporte dentro del aserradero.....	23	Metodología de valorización de datos relevantes para la evaluación.....	34
Despunte y sorteo de productos.....	23	Modelo de industria	34
Secado.....	23	Criterios de evaluación.....	34
Elaborado.....	23	Superficie de sus instalaciones.....	34
Cepillado.....	23	Posesión de vehículos de transporte.....	35
Elaboración de productos de terminación.....	24	Uso de tecnologías de la información.....	35
Tratamientos.....	24	Diversidad de productos de madera.....	36
Baño anti-manchas (productos verdes).....	24	Capacidad de mantenimiento de maquinaria.....	36
Impregnación.....	24	Conectividad a un polo geográfico.....	37
Subproductos.....	24	Descripción de la ficha.....	37
Aserrín y virutas (biomasa combustible).....	24	Agroforestal Cauquenes S.a.....	38
Astilla pulpable.....	24	Arnoldo Opazo y Cía. Ltda.....	39
Astilla combustible.....	25		

Aracely Quiroz E.I.R.L.....	40	Requisitos estructurales	69
Aserradero Eduardo Muñoz Campos	41	Definición del producto.....	69
Aserradero JMC	42	Muros.....	71
Aserradero Víctor Bravo.....	43	Estructuras horizontales.....	72
Comercial Maderera JC.....	44	Techumbre	73
Constructora Opazo.....	45	Modelo de planta industrializadora	73
Forestal Mallorca	46	Sistema de fabricación de paneles:.....	73
Forestal MMM.....	47	Operaciones de fabricación de paneles:	73
Forestal y Agrícola Yukón Ltda.	48	Modelación de operaciones	75
Ingepanel	49	Distribuciones y tasas de operación:.....	75
Maderera El Pino Ltda.	50	Costos de operación.....	77
Sociedad de Aserraderos		Costos energéticos.....	77
Santa Ignacia y Cía. Ltda.	51	Personal de planta.....	77
Conclusiones	52	Personal oficina técnica.....	77
Informe 2: Caracterización de la demanda	54	Resultados de modelación	77
Introducción	56	Caso de estudio internacional.....	78
Glosario.....	58	Competitividad del sistema	
Metodología	60	industrializado en madera.....	79
Descripción de la metodología.....	61	Requerimientos habitacionales	81
Productos.....	61	Déficit habitacional:.....	81
Caracterización de la demanda	61	Criterios de evaluación de puntajes	
Comparación de soluciones constructivas	61	en licitaciones	83
Actores en el mercado.....	62	Actores en zona de influencia.....	85
Licitaciones	62	Conclusiones y recomendaciones.....	86
Supuestos	62	Informe 3: Catálogo de soluciones constructivas	88
Caracterización de la demanda.....	64	Introducción	90
Caracterización general.....	65	Nota informativa.....	91
Niveles de industrialización	65	Soluciones constructivas	92
Requisitos técnicos en construcción.....	65	Definición y descripción generales	93
Ordenanza general de urbanismo		¿Qué es una solución constructiva?.....	93
y construcciones y normas técnicas		Soluciones constructivas en madera	93
(ministerio de vivienda y urbanismo, 2020)	66	Soluciones constructivas con madera	
Requisitos técnicos específicos según		no clasificada.....	95
programas habitacionales.	66	Tabiques:.....	95
Plan de descontaminación ambiental		NLT:.....	96
de la región del maule	69	Celosías de sombra:.....	97
Comunas de maule y talca.....	69		

Corta vistas y separadores de ambientes:.....	97	Cerchas	118
Soluciones constructivas con madera clasificada estructuralmente.	97	Elevación cerchas paralelas a ejes numéricos.....	118
Madera con clasificación estructural.	97	Elevación cerchas paralelas a ejes alfabéticos	118
Rotulado de la madera	100	Cerchas vivienda.....	119
Soluciones constructivas con madera no clasificada.....	100	Detalles constructivos.....	121
Entramado ligero.....	100	Conexiones entre fundaciones y paneles de piso.....	121
Cerchas.....	101	Conexiones entre paneles de piso.....	123
Nlt estructural	101	Conexiones entre soleras de montaje a paneles de piso.....	124
Vigas de madera laminada encolada:.....	102	Conexiones de panel de muro a solera de montaje.	124
Pilares de madera laminada encolada:.....	102	Conexiones encuentro entre paneles de muros en "T"	125
Aplicación: vivienda rural industrializada.	103	Conexiones encuentro entre paneles de muros en "L".	126
Axonométrica desplegada vivienda.....	104	Conexiones entre paneles de techo a muros y cerchas.....	127
Aplicación: vivienda rural industrializada.	105	Conexiones entre paneles de techo.	128
Estructura y panelización de la vivienda.....	106	Conexiones de vigas y cerchas.....	129
Paneles de piso.....	107	Transporte y montaje.....	130
Planta paneles de piso.	108	Transporte.....	131
Descripción de la estructura:	108	Dimensiones máximas definidas para el desplazamiento de vehículos.....	131
Componentes de la estructura de piso:	108	Montaje	132
Paneles de muros.....	109	Imágenes vivienda	133
Planta paneles de muro y soleras.....	109	Vista sur-oriente	133
Planta soleras de montaje.....	109	Elevación sur.....	133
Planta panelización estructuras.....	109	Elevación norte	134
Panel de muro perimetral.	110	Elevación poniente.....	134
Paneles de muro perimetral vivienda.	111	Elevación oriente	134
Panel de muro perimetral patrón instalación OSB.	112	Corte longitudinal.....	135
Elevación entramado de muro y tableros de OSB.....	112	Corte transversal 01	135
Panel de muro interior.....	113	Corte transversal 02.....	135
Panel de muro interior vivienda.	114	Consideraciones Especiales.....	136
Panel de muro interior patrón instalación OSB.....	115	Consideraciones generales:	137
Elevación entramado de muro y tableros de OSB... ..	115	Consideraciones paneles de piso:	137
Paneles de techumbre.....	116		
Panel de techo.....	116		
Panel de techo vivienda.	117		

Consideraciones paneles de muro perimetral	137	Equipos y asistencias para la manipulación y transporte de materiales y productos.....	148
Consideraciones muro interior	137	Flujo de las operaciones en la planta.	148
Consideraciones paneles de techumbre	137	Flujo externo de material	149
Conclusiones	138	Planificación del diseño de la fábrica.....	149
Informe 4: Informe técnico-económico.....	140	Tipos de plantas industrializadoras	149
Introducción	142	Modelo planta.....	150
Cadena de valor	144	Herramientas requeridas para operación planta	150
Arquitectura:	144	Costos de operación de la planta.....	152
Ingeniería:	144	Costos energéticos.....	152
Industrialización:.....	144	Personal de planta.....	152
Transporte y montaje:.....	144	Personal oficina técnica.....	153
Constructora:	144	Asociatividad	153
Coordinación:.....	144	Anexos.....	154
Contratos.....	145	Anexo 1: listado de planos ingeniería estructural.....	156
Características de contratos IPD	145	Anexo 2: listado de planos arquitectura.....	156
Comportamiento esperado de actores clave durante desarrollo.....	145	Anexo 3: fichas de soluciones constructivas.....	157
Modelo de industrialización.....	146	Anexo 4: modelo de montaje	161
Productos por desarrollar	146	Constitución.....	161
Tipos de panel.....	146	Preparación administrativa y procesos	161
Panel en obra gruesa.....	146	Actividades de montaje.....	166
Panel semiterminado	146	Recepción y trazado:.....	166
Panel terminado.....	146	Instalación de soleras.....	166
Cerchas	146	Montaje:	166
Planta de industrialización	147	Fijación:.....	166
Prefabricación vs industrialización.....	147	Detalles y terminaciones:	167
Industrialización en fábrica.....	147	Entrega:	167
Esquema general de producción en fabrica.....	147	Anexo 5: tablas de costos aproximados para habilitación de un equipo de montaje.	168
Área de dimensionado de entramados	147	Listado de tablas.....	170
Área de procesamiento de placas y tableros	147	Listado de gráficos e ilustraciones.....	172
Área de ensamblado de entramados	147	Bibliografía.....	174
Forrado del panel	148		

INTRODUCCIÓN GENERAL



La industria maderera ha sido históricamente de suma importancia para Chile, con productos como la celulosa y madera aserrada entre sus principales exportaciones, destacando al país como líder en este sector. En este contexto, la Región del Maule se erige como una de las principales regiones madereras del país, gracias a su clima favorable en la costa y su extensa superficie forestal, ubicándose como la tercera en plantaciones forestales, después de regiones sureñas como el Biobío y la Araucanía⁽¹⁾. Además, su posición estratégica en el centro del país la hace cercana a puertos clave como San Antonio y Valparaíso, así como a grandes centros urbanos con alta demanda de productos madereros, como Santiago y Viña del Mar.

Sin embargo, esta próspera región enfrenta desafíos que amenazan su industria. Los efectos devastadores de los incendios forestales de 2017 continúan afectando a las pymes madereras, dificultando la adquisición de materia prima a precios competitivos⁽²⁾. A esto se suma la contracción en los mercados externos debido a factores como la pandemia y conflictos internacionales, lo que ha generado una disminución en el consumo de productos forestales chilenos y ha impactado negativamente en los precios, volviendo el sector más inestable⁽³⁾.

¿Cómo podemos fortalecer y estabilizar esta industria local? La respuesta puede encontrarse en las nuevas tendencias constructivas a nivel global. La industria de la construcción, históricamente asociada con altos niveles de contaminación y emisiones de gases de efecto invernadero, está siendo cada vez más consciente de la necesidad de adoptar prácticas sostenibles. Además, el enfoque tradicional en la construcción in situ ha demostrado ser ineficiente y costoso, aspecto preocupante especialmente bajo contexto de déficit habitacional.

La madera emerge como una solución integral en este contexto. Es un material renovable, ligero y resistente, ideal para impulsar el cambio hacia prácticas constructivas más eficientes y sostenibles. Este proyecto se centra en identificar las brechas en la industria maderera del Maule, no solo para proporcionar madera para la construcción, sino también para ofrecer soluciones constructivas de mayor valor agregado, como los paneles de entramado ligero de madera, que representan una oportunidad clave de desarrollo para las empresas locales y una respuesta ágil a las necesidades del mercado de la construcción.

(1) *Anuario Forestal 2023 - Infor*

(2) *El Mercurio - 28 Marzo 2021*

(3) *Infor - 08 Noviembre 2023*





INFORME 1: CAPACIDAD EMPRESARIAL

INTRODUCCIÓN



En este primer capítulo del proyecto "Diagnóstico de Brechas en la Elaboración de Paneles Constructivos de Madera", conocido como Madera Mauleo, se establece el objetivo de presentar, describir y analizar las capacidades de las empresas madereras participantes en el proyecto, con el propósito de incorporar las líneas de industrialización necesarias para abordar las brechas en el desarrollo de soluciones constructivas en madera estructural.

Para la ejecución de este trabajo, se llevó a cabo un recorrido por la región del maule durante un periodo de un mes. La operación se centró en la identificación de la ubicación de las empresas, el establecimiento de contacto con sus propietarios o encargados, y la visita a las instalaciones de las empresas participantes. Lo anterior se realizó con el fin de observar en el terreno cómo operan estas empresas, que son principalmente aserraderos, para poder constatar variables importantes para determinar sus capacidades actuales.

Las seis variables decisivas evaluadas fueron la superficie de sus instalaciones, la propiedad de vehículos de

transporte, las tecnologías de la información disponibles, la diversidad de productos elaborados, los procedimientos y metodologías para el mantenimiento de maquinaria y la proximidad geográfica entre las empresas. Todas estas variables corresponden a las capacidades actuales de las empresas, que, cada una en mayor o menor medida, permiten evaluar el grado de preparación de estas para potencial operación de una planta industrializadora. También proporcionan información sobre las ventajas comparativas de cada una, con el objetivo de considerar sistemas asociativos en casos en los que las empresas individualmente no sean capaces de incorporar todos los procesos.

Todos los datos recopilados son insumos para las etapas posteriores del proyecto, especialmente para la etapa 4 de estudio técnico-económico, donde se presentarán los portafolios de inversión para cada grupo de empresas, teniendo en cuenta el nivel de asociatividad que se defina para las empresas beneficiarias.

GLOSARIO



| Carro huincha porta trozos. Fuente: Elaboración propia

MAQUINARIAS DE OPERACIÓN Y SOPORTE

AFILADORA DE SIERRAS DE BANDA

Dispositivo que cuenta con un disco de desbaste y un rotor que permite la rotación de la sierra de banda. El sistema permite mover la sierra diente por diente y permite el afilado con el disco de desbaste en la cara interior de cada diente.

BAÑADOR POR INMERSIÓN

Contenedor de líquidos de gran capacidad que cuenta con un sistema de horquillas para poder cargar la madera e introducirla en un ciclo de baño con compuestos de cobre. Este baño se realiza para evitar las manchas azules por hongos en la madera.

CABEZAL DE CORTE MÚLTIPLE (MIT)

Sistema sucesivo de sierras de banda horizontales con rotor neumático y cinta transportadora que permite realizar cortes sucesivos a una basa para alcanzar las escuadrías finales, los cabezales se pueden ajustar en altura para permitir cortes sucesivos en los espesores deseados.

CANTEADORA (MIT)

Sistema de corte longitudinal para rectificar bordes de piezas aserradas de borde, el sistema cuenta con dos sierras circulares paralelas, un rotor prensa hidráulico y un indica-

dor laser para determinar el espesor deseado antes de realizar el corte.

CARRO HUINCHA PORTA TROZOS (MIT)

Dispositivo de corte que permite alinear mediante un carro con escuadras y tenazas los trozos que se procesarán (derecha, que luego se moviliza mediante un riel hasta el cabezal de corte (arriba), realiza rotaciones de los trozos según necesidad y entrega en el extremo opuesto el material ya cortado hasta en sus 4 caras si se desea.

CEPILLADORA (WEINIG)

Cabezal con cuchillas y fresas que permite el cepillado de las cuatro caras de una pieza de madera aserrada. Dependiendo de la configuración de cuchillas utilizada, puede entregar caras planas y suaves, tinglados, machihembrados, y otros diseños

CÓNCLAVE O CÁMARA DE IMPREGNACIÓN

El cónclave es el equipo que se utiliza para realizar la impregnación con preservantes de la madera,

El conclave cuenta con una cámara en donde se introducen los productos mediante un carro, un sistema de alimentación del preservante, una caldera que incrementa la temperatura y bombas que hacen circular el

producto por la cámara de impregnación. Los ciclos de impregnación varían según las dimensiones de los elementos a preservar, y el grado de impregnación que requieran según se indica en la norma nCh 819 (Instituto Nacional de Normalización).

DESPUNTADORA (WOODMIZER PERÚ)

La despuntadora es una sierra circular que se ubica en la línea de salida de productos aserrados, se instalan dos, una en cada costado de la línea, y permite rectificar la dimensión longitudinal de las maderas aserradas.

Cuenta con un sistema de alimentación que aseguran la escuadra del corte.

LÍNEA DE CLASIFICACIÓN (SERRA, 2023)

Es la última estación del proceso de aserrío, donde se realiza la separación de la madera por escuadría y se puede realizar la primera precalificación para selección de madera para clasificarse estructuralmente.

REASERRADORA (MIT)

Corresponde a un cabezal de corte vertical con una prensa rodillo horizontal que permite el corte de las basas en piezas verticales de espesores deseados. Cuenta con rodillos de retorno que permiten el paso su-

cesivo de las pizas para realizar múltiples cortes según los requerimientos de producción del aserradero.

SISTEMA DE TRANSPORTE DE CINTA

Corresponde a elementos para el transporte longitudinal de elementos aserrados, virutas, aserrín y otros productos, funciona con una banda

de caucho reforzada y un sistema de rodillos en sus extremos alimentados mediante un motor eléctrico.

SISTEMA DE TRANSPORTE DE RODILLOS

Sistema de transporte de rodillos que permiten movimientos longitudinales (derecha) y transversales de piezas de madera, dependiendo

si además tienen rodillos helicoidales (izquierda)

SISTEMA DE TRANSPORTE DE CADENAS

Sistema de transporte transversal de piezas de madera compuesto por cadenas con topes que mueven la pieza.



| Madera Elaborada. Fuente: Elaboración propia

PRODUCTOS

BASA

Unidad aserrada básica de la que se obtienen mayoría de cortes requeridos. Se obtiene desde el trozo.

MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL

Madera aserrada que cumple con los criterios para contar con los requisitos de clasificación, que son, contenido de humedad inferior al 20%, dimensiones dentro de tolerancias, preservación según nivel de riesgo y clasificación estructural por métodos visuales o mecánicos válidos.

MADERA ASERRADA SECA IMPREGNADA

Madera aserrada seca e impregnada según niveles de riesgo establecidos en la norma nCh 819 (Instituto Nacional de Normalización).

MADERA ASERRADA SECA

Madera aserrada que ha pasado por un proceso de secado y que ha alcanzado un porcentaje de humedad inferior al 20% respecto de su masa anhidra según disposiciones de la norma nCh 176/1.

MADERA ASERRADA SECA CEPILLADA

Madera aserrada seca que ha pasado por un proceso de cepillado entregando una terminación suave y recta, no necesariamente tiene clasificación estructural.

MADERA ASERRADA VERDE

Madera aserrada que se comercializa directamente luego del aserrado, cuenta únicamente con baño de protección anti-manchas.

MADERA ELABORADA

Madera que ha sido cepillada con fresas y cuchillos para dar una forma específica, en general corresponde a productos arquitectónicos de uso interior.

MADERA ELABORADA IMPREGNADA

Corresponde a la madera elaborada que además pasa por un proceso de preservación mediante impregnación que permite su uso en exteriores. Debe cumplir con los estándares según el nivel de riesgo de exposición definido en la nCh 819 (Instituto Nacional de Normalización).

POLÍN IMPREGNADO

Producto de madera impregnado obtenido mediante una polinera, que posee una cuchilla y un rotor para

mejorar el calibre de la pieza eliminando restos de corteza, en general se utilizan trozos de menor diámetro, pues, se venden en diámetros entre 3" y 6".

ROLLIZO IMPREGNADO CALIBRADO

Producto obtenido mediante una polinera que calibra el diámetro, permitiendo la obtención de un cilindro uniforme.

TROZO RUMA ASERRABLE

Es aquel trozo que posee un diámetro dentro de los rangos óptimos para obtener madera aserrada de una calidad deseable, en general, en mercado nacional se comercializa en una longitud nominal de 3,2 m con poca cantidad de nudos. La madera debe encontrarse verde y no llevar un tiempo excesivo de almacenamiento que haya generado tensiones por variaciones de humedad. Además, se debe evitar el uso de madera siniestrada.

TROZO RUMA PULPABLE

Son trozos que no permiten el aserrío, como presencia excesiva de nudos, diámetros demasiado grandes para línea de aserrado e insuficientes para obtener buenos productos.



| Biomasa Combustible. Fuente: Elaboración propia

SUBPRODUCTOS

ASTILLA PULPABLE

Es un subproducto que se obtiene de la trituración del lampazo, despuntes y trozos pulpables. Para ser utilizado en la producción de pulpa de celulosa, debe tener un calibre específico, con espesores de entre 8 a 12 mm y longitudes máximas de 25 mm, esto permite una liberación de la lignina uniforme y otorga mejores rendimientos en la producción de celulosa.

BIOMASA COMBUSTIBLE

Residuos de madera en forma de aserrín, viruta o astilla que no cumplen criterios para usarse en celulosa, pueden usarse como combustible.

CORTEZA

Es el residuo del proceso de descortezado mecánico del trozo que se lleva a cabo para asegurar que no existan impurezas que puedan afectar a la maquinaria de aserrado.

LAMPAZO

Residuos de cortes laterales del trozo que no dan cabida a ninguna pieza de escuadría. Son utilizados como subproducto para el astillado.

TABLA DE TAPA

Tabla de dimensiones 1" x 4" que posee un porcentaje de canto vivo en una de sus caras.

TABLA DE TAPA PUNTA DE LÁPIZ

Tabla de dimensiones nominales 1 x 4 que posee un extremo con canto vivo en más de una cara.

PROCESOS ACTUALES DE LA INDUSTRIA

GENERALIDADES

La industria del aserrado en la región del Maule está compuesta por empresas de diversos tamaños y capacidades, esto implica que los procesos operativos de la industria específicos pueden presentar diferencias significativas entre las diferentes empresas consultadas. Algunas empresas pueden contar con un alto nivel de automatización y el uso de tecnología de la información, mientras que otras pueden optar por procesos más rudimentarios con una menor optimización. Esto conlleva diferencias en la cantidad y calidad de los productos finales, entre otros aspectos. Por esta razón, la descripción de los procesos de un aserradero se presentará de manera general, considerando un enfoque típico.

MATERIA PRIMA

SISTEMA DE TRAZABILIDAD Y RECEPCIÓN. (CORPORACIÓN CHILENA DE LA MADERA, 2023)

EL proceso para la elaboración de diferentes productos de madera aserrada se inicia con el ingreso de la materia prima en las instalaciones del aserradero.

Para realizar dicho ingreso, se debe realizar un proceso que asegure el origen y la cuantía del material ingresado, debido a que esta industria se encuentra afectada por irregularidades relacionadas con el robo de madera, o el ingreso irregular de madera siniestrada.

El proceso requiere de una serie de etapas de verificación que serán explicadas en su generalidad a continuación:

1. **Análisis Predial:** Se identifica el sitio de origen de la madera adquirida, y se realiza la cubicación del volumen de madera disponible para dicha ubicación, esto considera una trazabilidad mediante tecnologías de la información, pero es deseable además incorporar inspecciones en terreno.
2. **Ingreso de transportista a sitio:** el transportista ingresa el camión a sitio, su ubicación se encuentra referenciada mediante GPS, en el camión se cargan los trozos, que vienen marcadas de acuerdo con su diámetro. Una vez cargado el material en camión se confirma la cubicación del producto y se genera la guía de despacho y seguimiento.
3. **Salida de sitio:** El transportista, sale del predio y se dirige a destino. En el trayecto, según el nivel de seguimiento se puede incorporar el rastreo de la ruta para asegurar de que no existan irregularidades como desvíos o demoras excesivas.
4. **Verificaciones de ingreso:** Una vez en las instalaciones del aserradero, se verifica la llegada del camión y se realiza una inspección visual para reconocer cualquier irregularidad. Para esto, en el ingreso de las instalaciones se ha incorporado un sistema de registro mediante cámaras instaladas en un pórtico, cuya función es verificar la patente del camión y carro con



| Trozo Ruma Aserrable. Fuente: Elaboración propia

una cámara de posición frontal, y la carga con una cámara posicionada desde arriba. La información obtenida de estas cámaras es contrastada con la información de salida desde el predio.

5. **Recepción de la carga:** Una vez ingresado el camión a las instalaciones del aserradero, se realiza una cubicación de llegada. El objetivo de esta cubicación es verificar que las trozas ingresadas al aserradero coinciden en diámetros y cantidades, de modo que permite ajustar el precio pagado por el camión y reducir el riesgo de recepción de madera en forma irregular.

Con lo anterior, los trozos están listos para pasar al acopio en las instalaciones del aserradero.

ACOPIO DE TROZOS.

Cuando el camión se encuentra en el interior del sitio, este se posiciona en la zona de descarga. Luego, un cargador frontal con aditamento de garra carga los trozos y los descarga en filas o "perchas". En esta etapa es deseable separar los trozos según su diámetro para poder estandarizar procesos posteriores del aserrío.

Es relevante mencionar que el tratamiento del material en el acopio debe seguir una metodología first in, first out (FIFO), para asegurar que no queden acopios con exposición prolongada a las condiciones atmosféricas, puesto a que esto puede dar cabida al deterioro de la materia prima, por variaciones dimensionales que lleven la madera

a agrietarse, soltar nudos firmes, proliferación de hongos, entre otros.

ASERRÍO

El aserrío corresponde un proceso de transformación de la materia prima desde el trozo a una diversidad de productos de madera aserrada de diferentes dimensiones y características. El proceso se subdivide en un conjunto de etapas, cuyo objetivo es aprovechar al máximo la materia prima en la generación de estos productos manteniéndolos en un bajo costo de operación.

Luego, se describirán cada etapa indicando las maquinarias y sus características que se utilizan.

ALIMENTACIÓN DE ASERRADERO.

El proceso de alimentación del aserradero se realiza mediante cargadores frontales que movilizan los trozos desde las perchas hacia la primera estación productiva. El aditamento de garra es el preferido por que proporciona una gran capacidad de carga, además de una mayor seguridad por contener los elementos durante el transporte.

DESCORTEZADO.

El descortezado corresponde a un proceso cuyo objetivo es la eliminación tanto de la corteza como materiales externos, como barro, gravas y otros agentes que de no ser eliminados puedan generar desgaste acelerado de los elementos de corte.

EL cargador frontal carga el material en una línea de alimentación conformada por cadenas transportadoras que derivan los trozos a un conjunto de rodillos con dientes que hacen rotar el trozo mientras van triturando la corteza. La presión ejercida por el sistema es suficiente para quitar la corteza, pero no genera daño significativo en la madera.

Una vez descortezado, el elemento es movilizado mediante cadenas transportadoras a la siguiente estación.

CORTE DE BASAS.

La basa es la unidad aserrada fundamental que sirve como punto de partida para la fabricación de diversos productos de madera. Es el primer elemento cuyas dimensiones se rectifican a partir de un trozo de madera.

Para la elaboración de la basa, generalmente se emplea una o dos herramientas de corte, aunque las variaciones en el proceso dependen de la organización y escala de cada aserradero. A continuación, se describirá el proceso en aserraderos que cuentan con dos estaciones:

La primera máquina corresponde a un cabezal de corte con carro, donde los trozos previamente descortezados se cargan en el carro. Este carro está equipado con dos escuadras móviles que permiten ajustar y acomodar el trozo para realizar cada corte. El carro se mueve de manera paralela a la hoja sinfín del cabezal de corte, lo que garantiza que los cortes sean paralelos entre sí. El operador dispone de un sistema de control remoto que le permite llevar a cabo una variedad de movimientos con el objetivo de optimizar el corte y el aprovechamiento de la madera. Estos movimientos incluyen:

1. Carga del carro.
2. Sujeción del trozo con tenazas en las escuadras.
3. Desplazamiento independiente de cada escuadra para alinear los cortes.
4. Desplazamiento simultáneo de las escuadras para realizar cortes paralelos.
5. Rotación del trozo.
6. Avance y retroceso del carro.
7. Descarga del elemento cortado.



| Rodillo Transportador. Fuente: Elaboración propia

Por lo general, se realizan cortes en dos caras perpendiculares para crear un elemento a escuadra. Sin embargo, dependiendo del diámetro del trozo, es posible realizar más cortes para facilitar los procesos de las estaciones siguientes. Una vez obtenida la escuadra, se transporta a la reaserradora vertical mediante cadenas transportadoras.

La reaserradora vertical es un cabezal de corte que permite preconfigurar las escuadrías en pulgadas. Esto facilita al operador ajustar los anchos de corte según las dimensiones específicas del trozo escuadrado, minimizando los errores en relación con las dimensiones comerciales habituales o los requerimientos del pedido. Además, cuenta con un sistema de transporte mediante rodillos y un rodillo prensa que garantiza la alineación correcta en la dirección de avance. En cuanto a la salida, ofrece la posibilidad de pasar una basa terminada a la siguiente estación o devolver la pieza con rodillos para realizar más cortes, quedando esta decisión a criterio del operador según las características del producto deseado.

Al completar este proceso, se obtiene una basa con la escuadría correspondiente a la altura de la pieza que se va a aserrar.

CORTE DE ESCUADRÍAS.

Una vez cortada la basa, esta se transporta mediante rodillos al cabezal múltiple. Este cabezal está equipado con sierras de banda y puede cortar hasta cinco piezas escalonadas a partir de una basa. Los cortes se realizan de arriba hacia abajo mientras la pieza avanza, con capas de una o dos pulgadas nominales para cuadrar con las escuadrías comerciales de la madera en bruto.

CORTE DE SUBPRODUCTOS ASERRADOS.

Los cortes separados en las etapas anteriores en general son de madera lateral del perímetro del trozo. Dependiendo de la sección disponible, se utiliza la una reaserradora horizontal para poder obtener al menos una pieza de una pulgada de espesor del ancho máximo que se pueda obtener.

Una vez cortada al espesor de una pulgada, los cortes realizados se pasan por la canteadora, que es una sierra compuesta por dos hojas paralelas que pueden variar en ancho moviendo una de las dos. Aquí se obtienen elementos desde 2 hasta 12 pulgadas según lo que se pueda alcanzar como máximo en el elemento cortado.

Si el corte resulta en un elemento completo, sin pérdida de material por borde, se considera madera aserrada estándar, de lo contrario, si se presenta pérdida de material, se denomina tabla de tapa, que tiene un valor económico inferior, y si la pérdida de material es más significativa, será tabla de tapa punta de lápiz.

El excedente de los cortes se llama Lampazo, que luego se procesa en líneas de subproductos que se detallarán después.

TRANSPORTE DENTRO DEL ASERRADERO.

En términos generales, existen cuatro mecanismos utilizados para el transporte dentro de un aserradero:

1. **Transporte lateral mediante cadenas:** Este sistema implica el uso de un motor eléctrico que permite el desplazamiento lateral de los elementos. Está compuesto por dos cadenas equipadas con topes que facilitan este movimiento.
2. **Transporte longitudinal con rodillos:** Se trata de un sistema de rodillos motorizados que permiten el avance de las piezas en la dirección longitudinal. Es especialmente eficaz para transportar bases grandes y trozos.
3. **Transporte lateral con rodillos helicoidales:** Este mecanismo emplea rodillos con un diseño helicoidal que genera un desplazamiento lateral para retirar una pieza de la línea longitudinal.
4. **Transporte longitudinal con cinta transportadora:** utilizado para elementos menores por restricciones de peso. Una ventaja de este sistema es que requiere menos espacio para su instalación, lo que lo hace ideal para ubicaciones estrechas en el aserradero.

DESPUNTE Y SORTEO DE PRODUCTOS.

Cuando se ejecuten los cortes posibles de obtener, se transporta el material a una línea de salida con cadenas con un sistema de despuntado que recorta los extremos irregulares, llevándolos a 3,2 m o la requerida por producto.

SECADO

En general, el secado implica reducir la humedad de la madera a menos del 20 % respecto a su masa en estado anhidro. Esto se logra secando la madera hasta alcanzar una masa constante, según los parámetros de medición establecidos en la norma NCh 176/1 (Instituto Nacional de Normalización).

El secado se lleva a cabo mediante un proceso tecnificado en un horno de secado, que genera ciclos de secado específicos adaptados a las dimensiones de la madera en cuestión. La duración de estos ciclos de secado varía entre 72 y 90 horas.

ELABORADO

A continuación, se describen distintos procesos de elaboración de maderas secas, que tienen por objetivo generar un conjunto de productos que se comercializan regularmente por la industria.

CEPILLADO.

El cepillado se realiza para ajustar las dimensiones de una pieza de madera, proporcionándole una superficie uniforme y lisa. Para esta tarea, se emplea una herramienta lla-

mada cepilladora, capaz de rectificar simultáneamente las cuatro caras de la pieza.

Es esencial que las cuchillas utilizadas en este proceso se mantengan constantemente afiladas, ya que la falta de mantenimiento podría dar lugar a problemas como; variaciones en las dimensiones de los elementos; resultar en una terminación deficiente de las superficies y el sobrecalentamiento y posible falla acelerada de la maquinaria.

ELABORACIÓN DE PRODUCTOS DE TERMINACIÓN.

De manera similar al proceso de cepillado, se realizan procedimientos de fabricación usando cuchillas para obtener varios productos. Estas cuchillas confieren geometrías particulares a las piezas que se están procesando. Algunos ejemplos de estas geometrías incluyen machihembrados, cantos redondeados, cantos en ángulo, cantos biselados o chaflanados, así como la curvatura de una medialuna, entre otros.

TRATAMIENTOS

La variedad de productos de madera puede someterse a diversos tratamientos químicos para mejorar sus características en cuanto a la preservación, prevenir la aparición de manchas y evitar ataques de hongos e insectos xilófagos, entre otros.



| Cónclave. Fuente: Elaboración propia

BAÑO ANTI-MANCHAS (PRODUCTOS VERDES)

El baño anti-manchas es un proceso que se lleva a cabo en la madera que se encuentra en estado verde o recién aserrada. Este proceso se realiza en madera proveniente de trozos frescos, y su objetivo principal es prevenir la aparición de manchas azules causadas por la proliferación de hongos en la superficie de la madera.

Existen diferentes productos comerciales a base de diferentes composiciones químicas para este uso.

IMPREGNACIÓN.

La impregnación es un proceso que se lleva a cabo con el propósito de proteger los productos de madera contra la acción de agentes biológicos, insectos xilófagos y las condiciones ambientales, con el fin de aumentar su durabilidad y conservar las propiedades mecánicas de la madera. La norma NCh 819 establece los tipos de maderas y los niveles de exposición, lo que permite determinar el grado de preservación necesario para cada producto, así como las concentraciones adecuadas de los preservantes utilizados (Instituto Nacional de Normalización).

El preservante más ampliamente utilizado es el Cromo-Cobre-Arsénico (CCA). No obstante, en la actualidad, existen una amplia variedad de preservantes a base de Azoles, boro y otros productos que no contienen metales pesados, lo que los hace más respetuosos con el medio ambiente.

SUBPRODUCTOS

En los procesos que existen dentro del aserradero, existe una serie de fuentes de generación de subproductos:

1. Pérdida por espesor de elementos de corte (sierras y bandas)
2. Excedentes de cortes no comercializables denominado "Lampazo"
3. Proceso de descortezado.
4. Virutas producto de cepillado y elaborado.

ASERRÍN Y VIRUTAS (BIOMASA COMBUSTIBLE)

El aserrín y virutas pueden comercializarse y usarse como combustible para cámaras de secado y hornos industriales en la elaboración de celulosa, entre otros.

ASTILLA PULPABLE.

La astilla se obtiene a partir de desechos como el lampazo y los despuntes, los cuales deben ser triturados en una máquina astilladora equipada con cuchillas de un calibre específico. Estas cuchillas permiten crear astillas con dimensiones uniformes, que luego pasan por un tamiz para controlar el tamaño de las astillas trituradas.

Las dimensiones de la astilla son críticas en la industria de la celulosa, especialmente en la producción de papel,

ya que influyen en la eficiencia del proceso de cocción de la celulosa. Por lo tanto, se requiere que las astillas cumplan con estándares específicos de grosor y longitud para garantizar una producción más eficiente.

Debido a esta necesidad de controlar las dimensiones, las astillas que no cumplen con los estándares requeridos son separadas y destinadas a otros procesos.

ASTILLA COMBUSTIBLE.

La astilla que no cumple con los criterios dimensionales necesarios para su uso como producto pulpable se destina a ser utilizada como combustible. Se combina con aserrín y viruta para este propósito.

Una ventaja de incorporar astilla en estos productos combustibles es que mejora la oxigenación durante la combustión al crear espacios entre los elementos combustibles. Esto, a su vez, aumenta el poder calorífico obtenido durante el proceso.

OTROS.

Existen otros subproductos que se pueden obtener a partir de elementos como la corteza, que puede ser procesada para la elaboración de tierra de hojas, mulch, entre otros. Para la elaboración de estos productos se complementa con procesos de degradación biológica, acumulación en pilas y mantenimiento del contenido de humedad, luego, estos productos son pasados por un tamiz mecánico para asegurar un calibre y poder embolsar.

ESQUEMA DE PRODUCTOS ELABORADOS

A partir de los procesos descritos anteriormente, es posible presentar un esquema descriptivo de los procesos realizados y los productos obtenidos, no se incluyen en este esquema los subproductos:

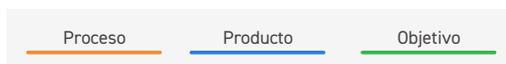
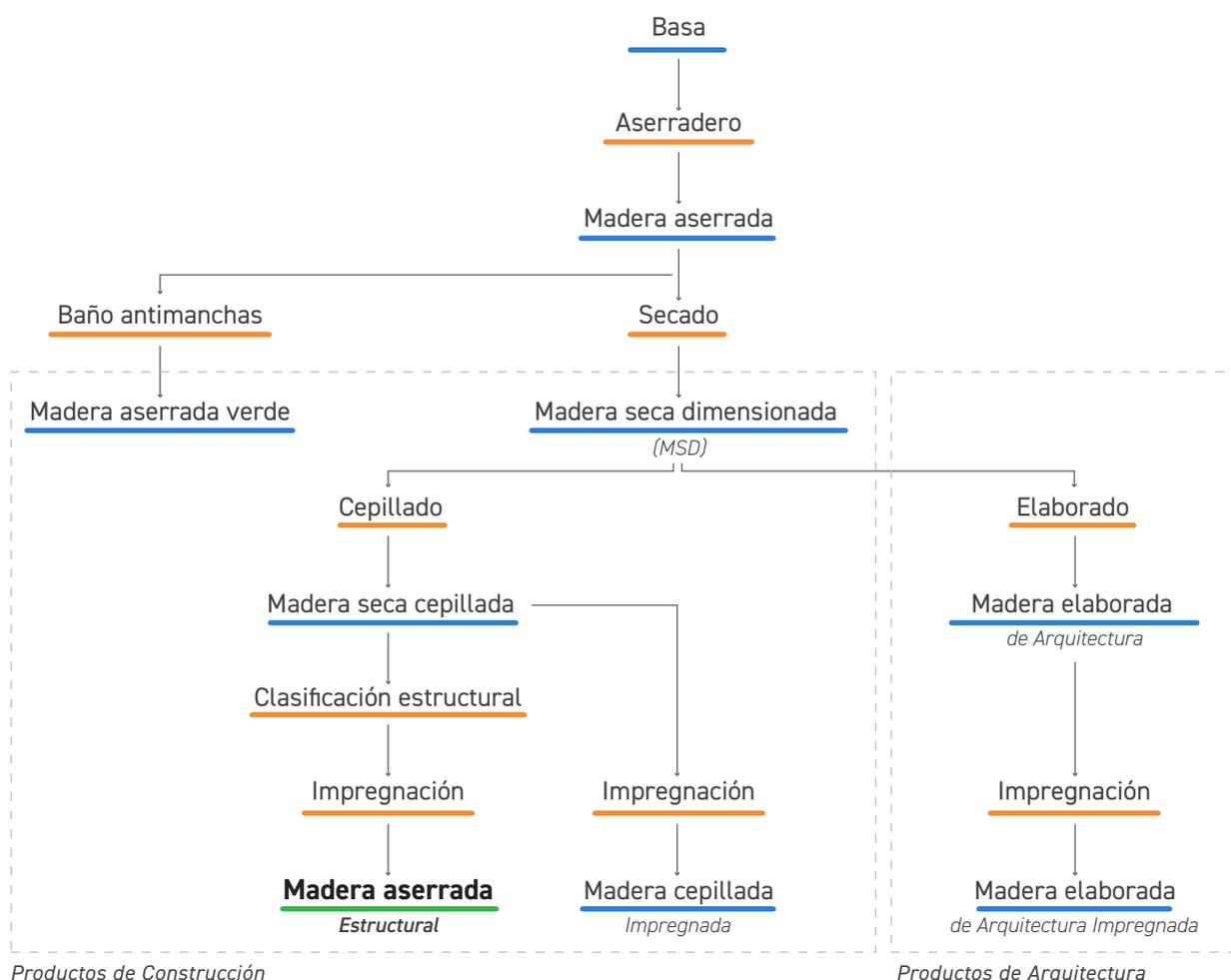


Ilustración 1: Procesos y productos de aserrío

CARACTERIZACIÓN DE LAS EMPRESAS PARTICIPANTES

UNIVERSO DE EMPRESAS

DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE EMPRESAS PARTICIPANTES.

La región del Maule organiza sus actividades madereras y forestales en función de su geografía. En las visitas se observa que en las zonas llanas predomina la agricultura y la vitivinicultura, y en la precordillera y la cordillera de la costa hay abundantes plantaciones forestales. Esta distribución influye en la concentración de aserraderos en ciertas localidades que combinan conectividad y acceso a las materias primas, lo que les permite mantener bajos costos de transporte.

Este último punto reviste gran importancia, ya que el precio de la pulgada pinera está determinado por el mercado y es altamente competitivo. Por lo tanto, la gestión eficiente de los costos de la materia prima, desde su adquisición hasta su entrega en planta, es esencial para mantener la rentabilidad del negocio.

Estas ventajas se han visto mermadas producto de la realidad causada por los mega incendios de 2017, en el cual se vieron afectadas en distinta magnitud cerca de 272.000 hectáreas, mermando la disponibilidad de bosque adulto listo para la cocecha y la aparición masiva en el mercado de madera siniestrada. Esto ha provocado otras problemáticas, como el incremento de las distancias de transporte, al tener que comprar trozas en bosques más lejanos, reduciendo los márgenes posibles de obtener por la producción de madera, motor principal que impulsa a la necesidad de generar una mejor captura de valor a través de la integración vertical de procesos.

Durante las visitas, se exploraron empresas concentradas en cuatro polos distintos, cada uno con características específicas determinadas por su geografía, proximidad a áreas urbanas, conectividad y posibilidad de establecer asociaciones con otras empresas del sector. A continuación, describiremos estos polos en detalle.

POLO TALCA EJE 5 SUR.

Este polo se encuentra ubicado en medio del valle central, distribuido entre las localidades de Talca, Pelarco, San Clemente y Maule, a una mayor distancia de los bosques, pero con la capacidad de abastecimiento tanto desde la zona precordillerana como costera. Su proximidad al eje longitudinal 5 sur, aunque incrementa los costos de traslado de materia prima en comparación con aserraderos cercanos a bosques, es posible que se compense con menores costos de transporte de productos terminados. Además, este polo goza de un acceso favorable a industrias complementarias, lo que facilita la adquisición de equipos, servicios de mantenimiento, canales de distribución y otros recursos esenciales para la operación de los aserraderos en la región.

En el proyecto, se visitaron las instalaciones de cuatro empresas de este polo, de las que tres son aserraderos y un fabricante de sistemas constructivos. En total representan en 25% del universo visitado. Son empresas medianas con capacidades productivas altas y niveles de organización desarrollados.

POLO CONSTITUCIÓN.

Este polo está en la zona costera de la región, en la comuna de Constitución, y se extiende por Las Cañas, Constitución, San Ramón y alrededores.

Este polo está en una zona de producción de pino radiata costero, donde las condiciones de crecimiento hacen que el árbol sea más lento, por lo que es madera más densidad que la zona cordillerana.

La economía de esta área se ha desarrollado principalmente a través de la producción maderera, después de llevar a cabo plantaciones masivas de pinos y eucaliptos como medida de mitigación de la erosión causada por la explotación del suelo durante la llamada 'fiebre del trigo'.

Este desarrollo ha atraído a numerosas empresas madereras a establecerse en estas localidades, lo que ha resultado en una variabilidad significativa en cuanto a los tamaños de las empresas, los servicios que ofrecen y su calidad.

En el periodo de visitas, las empresas de este polo representaron el 56 % de empresas visitadas, con un total de 9.

CHANCO-CAUQUENES.

Este sector comparte condiciones climáticas y de suelo semejantes a las de Constitución. Sin embargo, se caracteriza por estar conformado por comunas con mayores problemas de accesibilidad. Su población aproximada es de 9200 habitantes. La mayor parte de la comuna es rural, lo que implica una fuerte dependencia de las comunidades en la industria maderera como fuente principal de oportunidades laborales.

Una única empresa fue visitada en esta localidad, que representa el 6 % del total de las visitadas, se realizó un análisis detallado. Dado que se trata de una única empresa, no se le atribuirá la denominación de "polo".

POLO EMPEDRADO.

Este polo está ubicado cerca del polo de constitución, desviándose de la ruta principal desde Santa Olga, a unos 25 km hacia el sur. Es una comuna rural netamente forestal, y ha desarrollado su economía a partir de esta industria.

En el polo empedrado, hay una agrupación de pequeñas empresas dedicadas a la producción maderera enfocada en la venta de basa para elaborar pallets. En general, las empresas de este sector solo cuentan con partes de la cadena productiva, pero tienen un buen nivel de asocia-



tividad entre ellas, dada por la buena relación que se da entre los propietarios, que han trabajado la colaboración en situaciones complejas, como durante los incendios que afectaron la zona durante el año 2017 y la reactivación de la comuna post incendios.

En este polo se visitaron las instalaciones de dos aserraderos, representando el 13% de las empresas evaluadas en el estudio.

DATOS RELEVANTES PARA LA EVALUACIÓN

En esta sección, se describirán los factores evaluados en las visitas a terreno considerados esenciales para determinar las capacidades de estas empresas en relación con la inversión. Dado que las empresas abarcan diferentes escalas y el enfoque de este proyecto implica impulsar la competitividad de la industria en su conjunto, proponemos un análisis que relaciona las capacidades individuales con el grado de asociatividad necesario para llevar a cabo proyectos exitosos. A continuación, detallaremos los factores propuestos:

VOLUMEN DE MADERA ASERRADA PRODUCIDA

Los aserraderos visitados en la región del Maule corresponden a principalmente PYMES (se considera que Arauco y CMPC son grandes empresas para tener como referencia) y en su totalidad trabajan con pino radiata. Los volúmenes de madera aserrada producida son super variados dependiendo del tamaño del aserradero, en general van desde 5.000 m³ a 50.000 m³ anuales.

La totalidad tiene como producto final la madera aserrada, la cual puede tener varios fines (construcción, basa, pallets por nombrar los más típicos). Los subproductos son aprovechados y vendidos dependiendo de la utilidad que se le pueda dar. La mayor parte de los subproductos se usan y/o comercializan como biocombustible y una pequeña parte solo es utilizable como materia prima para la celulosa.

RELACIÓN DE LAS PYMES CON ARAUCO Y CMPC

Los aserraderos son proveedores clave para empresas como Arauco o CMPC las cuales serán denominadas como empresas tractoras, ya que a partir de sus volúmenes de operación y participación del mercado, definen los precios y convierten a los aserraderos de menor escala en "tomadores de precio". Estas grandes empresas optan por externalizar ciertos procesos utilizando a las pequeñas y medianas empresas (pymes), en lugar de incorporar nuevas líneas productivas internas. La atención principal de Arauco y CMPC se centra en el mercado externo, que, aunque voluminoso, es también volátil. Por lo tanto, estos acuerdos con pymes les permiten gestionar este riesgo sin comprometer el volumen de entrega. La calidad de los productos madereros provenientes de pymes se somete a un riguroso proceso de revisión por parte de Arauco y CMPC.

Otro tipo común de suministro de las pymes a Arauco y CMPC es el de los subproductos combustibles y pulpables, como la celulosa. En términos generales, estas dos grandes empresas representan los principales compradores de estos subproductos. Sin embargo, el consumo interno de biocombustible por parte de las pymes, como en calderas, no es suficiente para evitar la acumulación de subproductos

En general, lograr acuerdos con Arauco y CMPC desde las pymes no suele ser una tarea difícil. Estas empresas se preocupan por proporcionar las herramientas necesarias para asegurar que los productos que van a adquirir cumplan con los estándares de comercialización que tienen establecidos.

Este enfoque representa un desafío para las pymes, ya que, si bien asegura una base de comercialización que les permite mantener en funcionamiento los aserraderos, en períodos de contracción comercial, como el actual, Arauco y CMPC se ven obligados a dirigir sus productos excedentes al mercado interno. Esto implica que estas dos grandes empresas detienen su comercialización con las pymes y se convierten en competidores fuertes para abastecer madera a minoristas como Homecenter o Easy.



IMPORTANCIA DE LA MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL

Existe una preocupación constante por ofrecer productos de calidad con el objetivo de competir eficientemente en el mercado. Sin embargo, el nivel de procesamiento de la madera ya sea como madera aserrada verde, madera aserrada seca, madera cepillada impregnada o madera estructural, está totalmente condicionado por la demanda del mercado.

Se ha observado que hay una falta de interés en el desarrollo de madera estructural (cepillada, seca, impregnada y clasificada). En todos los casos identificados en los que se ofrece este producto altamente elaborado, se ha constatado que esto ocurre exclusivamente por solicitud de empresas como Arauco y CMPC y, además, corresponde siempre a pedidos de exportación

En el mercado interno, la demanda de madera estructural es prácticamente inexistente. Aunque ha habido intentos desde instancias gremiales como la CORMA por promover este tipo de producto altamente elaborado, la ausencia de demanda ha llevado a que esta madera deba ser comercializada de manera similar a la madera retail (madera aserrada seca). El sobreprecio asociado a la impregnación y clasificación no puede ser absorbido, lo que crea un desincentivo total para el desarrollo de este tipo de madera estructural.

MITO DE LA MADERA CENTRAL

Resulta intrigante que persista un mito arraigado que desacredita la madera con médula para su uso como material estructural. No obstante, al examinar las normas de clasificación visual, tanto en grado G1 como en grado G2, se admite la presencia de médula a lo largo de la madera. Esto sugiere que no solo la madera lateral puede cumplir con los estándares estructurales, sino que también desafortunadamente contribuye a que la madera estructural sea menos atractiva en su producción. No solo se enfrenta a la falta de demanda en el mercado interno, sino que también se percibe como escasa.

Para reforzar lo mencionado anteriormente, se identificó solo una empresa de las 14 visitadas que realiza clasificación estructural. Esta empresa utiliza inicialmente un enfoque mecánico mediante la pistola Timber Grader MTG, la cual automáticamente rechaza las piezas de madera que presentan médula debido al cambio en la densidad. Sin embargo, cabe destacar que esta empresa, de manera innovadora, realiza una segunda evaluación mediante clasificación visual de las maderas rechazadas. Esta segunda clasificación sí permite la presencia de médula para ciertos grados, reduciendo así significativamente el porcentaje de rechazo.

PREOCUPACIÓN POR INCENDIOS FORESTALES

Existe una profunda inquietud entre los participantes de la cadena forestal, que incluye actores como forestales, aserraderos y municipios. La preocupación surge debido a las proyecciones del cambio climático, que anticipa veranos más cálidos y secos, aumentando directamente la probabilidad de incendios forestales. Los aserraderos, desempeñando a menudo un papel fundamental a nivel local como fuerza laboral, suelen colaborar de manera coordinada para prevenir este tipo de incidentes.

Por otro lado, entidades gremiales como la CORMA manifiestan una gran inquietud y lanzan campañas de concienciación sobre los peligros de los incendios forestales. Además, fomentan medidas de mitigación entre las empresas y la comunidad.

En el año 2023, aún persisten los efectos devastadores de los incendios forestales que afectaron la región del Maule en 2017. Aunque la madera quemada sigue siendo visible y se comercializa, su venta al usuario final resulta extremadamente difícil

Como se mencionó anteriormente, esta madera es complicada de comercializar a pesar de su abundancia. Actualmente, se están talando los árboles sobrevivientes a los eventos de 2017. La falta de metodologías que permitan discriminar el nivel de afectación del incendio en la calidad de la madera es un problema, ya que algunos ár-



boles fueron afectados solo a nivel de corteza. Aunque se presume que esta madera lateral no será adecuada para uso estructural, el interior del tronco está en excelente estado; sin embargo, se clasifica como madera completamente quemada.

La venta de esta madera también resulta difícil para las forestales, ya que generan lotes de troncos con diferentes niveles de siniestro. La falta de una metodología para discriminar este nivel de siniestro y su impacto en la calidad de la madera dificulta una utilización más eficiente del material. A menudo, los aserraderos adquieren estos troncos quemados como un gesto de buena relación comercial con las forestales, pero esto representa un problema comercial para los propios aserraderos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS EMPRESAS

En las tablas presentadas a continuación se mostrarán las características técnicas específicas de las empresas participantes, esto permitirá mostrar los alcances productivos que estas tienen. Las tablas se dividen en X categorías, que tiene por función organizar la información de acuerdo con los procesos productivos necesarios para la obtención de productos finales que comercializan los aserraderos.

Estas tablas no incluirán a Ingepanel por no tratarse de un aserradero.

Tabla 1: Características generales asociadas al manejo de materia prima

Razón Social	Sistema de trazabilidad	Volumen de almacenamiento de perchas/filas	Sistema de rotación de Materia Prima	Riego de Perchas	Tiempo de almacenamiento estimado (días)	Equipos para movilización de Trozos
Forestal y Agrícola Yukón Ltda.	1	8000 m ³	FIFO	0	15	2
Sociedad Aserraderos Santa Ignacia y cía. Ltda.	1	3500 m ³	FIFO	0	20	1
Aserradero Víctor Bravo E.I.R.L.	1	1000 m ³	FIFO	0	10	2
Forestal MMM S.A.	1	40000 m ³	FIFO	0	15	8
Arnoldo Opazo y Cía. Ltda.	1	3500 m ³	FIFO	0	20	2
Industria Maderera San Ignacio Spa/JMC	1	1000 m ³	FIFO	0	20	2
Aserradero Eduardo Muñoz Campos	1	12000 m ³	FIFO	0	15	3
Comercial Maderera JC	1	2500 m ³	FIFO	0	15	1
Maderera El Pino Ltda.	1	12000 m ³	FIFO	0	15	3
Forestal Mallorca Ltda.	1	12000 m ³	FIFO	0	15	4
Agroforestal Cauquenes S. A	1	16000 m ³	FIFO	0	180 - 15 ¹	1
Constructora Opazo	1	2000 m ³	FIFO	0	10	1
Aserradero Aracely Quiroz EIRL / VICAR	0	4000 m ³	FIFO	0	5	1

¹ En este caso, cuenta con un contrato de almacenamiento de madera pulpable, con un periodo de almacenamiento mayor.

Esta tabla detalla las características generales de las empresas en relación con el tratamiento de las materias primas, utilizando valores binarios (0 o 1) para indicar disponibilidad o no, y valores numéricos cuando es aplicable. Proporciona una visión de la infraestructura y prácticas comunes en la gestión de la materia prima, permitiendo una evaluación fundamentada de las capacidades y eficiencia de cada entidad en este aspecto.

Tabla 2: Maquinarias para el aserradero

Razón Social	Descortezador Mecánico	Sistema de corte en línea, generación de basa y cabezal múltiple.	Carro MIT o Similar con sierra de banda	Cintas Transportadoras Mecánicas	Reaserradora	Sierra Circular Multidisco para trozado	Sierra de cabezal Múltiple	Línea De salida con cadenas transportadoras	despuntadora	Superficie destinada a la clasificación de elementos
Forestal y Agrícola Yukón Ltda.	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Sociedad Aserraderos Santa Ignacia y cía. Ltda.	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Aserradero Víctor Bravo E.I.R.L.	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1
Forestal MMM S.A.	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Arnoldo Opazo y Cía. Ltda.	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Industria Maderera San Ignacio Spa/JMC	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1
Aserradero Eduardo Muñoz Campos	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Comercial Maderera JC	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Maderera El Pino Ltda.	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
Forestal Mallorca Ltda.	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Agroforestal Cauquenes S. A	1	0	1	1	1	0	1	0	1	1
Constructora Opazo	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1
Aserradero Aracely Quiroz EIRL / VICAR	1	0	0	0	1	1	1	0	0	1

La tabla presenta las maquinarias existentes en cada aserradero, indicando su disponibilidad con valores binarios. En términos generales, la mayoría cuenta con equipamiento como descortezadores mecánicos, sistemas de corte en línea, carros MIT o similares con sierras de banda y cintas transportadoras mecánicas. La presencia de herramientas como reaserradoras, sierras circulares multidisco y descortezadores resalta la diversidad de capacidades de producción. Asimismo, la asignación de áreas específicas para la clasificación de elementos subraya la atención a la eficiencia operativa. Esta información es fundamental para entender la infraestructura y capacidad productiva de cada aserradero, fundamentando técnicamente decisiones estratégicas para la evaluación de nuevos proyectos.

Tabla 3: Proceso de Secado y rectificación

Razón Social	Secado en cámara	Secado al aire	Cepilladora de 1 cara	Cepilladora de 3 caras
Forestal y Agrícola Yukón Ltda.	1	1	1	1
Sociedad Aserraderos Santa Ignacia y cía. Ltda.	0	1	1	1
Aserradero Víctor Bravo E.I.R.L.	0	1	1	1
Forestal MMM S.A.	1	0	0	1
Arnoldo Opazo y Cía. Ltda.	1	0	0	1
Industria Maderera San Ignacio Spa/JMC	0	1	0	1
Aserradero Eduardo Muñoz Campos	1	0	1	1
Comercial Maderera JC	1	0	0	1
Maderera El Pino Ltda.	1	1	0	1
Forestal Mallorca Ltda.	0	0	0	1
Agroforestal Cauquenes S. A	0	1	0	1
Constructora Opazo	1	1	1	1
Aserradero Aracely Quiroz EIRL / VICAR	0	1	1	1

Esta tabla refleja el estándar de cada empresa en los procesos de secado y en la elaboración de productos secos. Se observa que el secado al aire es el método más utilizado, a pesar de la mayor variabilidad en la humedad obtenida y su limitación en la estación húmeda. Este análisis permite entender las prácticas comunes y las diferencias entre las empresas en términos de secado y rectificación, proporcionando información valiosa para evaluar la eficiencia y la calidad en la producción de madera.

Tabla 4: Tratamientos y Preservación

Razón Social	IMPREGNACION	Tratamiento anti-manchas para madera verde	Impregnación con CCA en conclave	Impregnación con Cobre Micronizado conclave	Impregnación Con Boro	Impregnación con Vacsol
Forestal y Agrícola Yukón Ltda.	0	1	0	0	0	0
Sociedad Aserraderos Santa Ignacia y cía. Ltda.	0	1	0	0	0	0
Aserradero Víctor Bravo E.I.R.L.	0	1	0	0	0	0
Forestal MMM S.A.	1	1	1	1	1	1
Arnoldo Opazo y Cía. Ltda.	1	1	1	0	0	0
Industria Maderera San Ignacio Spa/JMC	1	1	1	0	0	0
Aserradero Eduardo Muñoz Campos	1	1	1	0	0	0
Comercial Maderera JC	0	1	0	0	0	0
Maderera El Pino Ltda.	1	1	1	0	0	0
Forestal Mallorca Ltda.	1	1	1	0	0	0
Agroforestal Cauquenes S.A.	1	0	1	0	0	0
Constructora Opazo	1	1	1	0	0	0
Aserradero Aracely Quiroz EIRL / VICAR	1	0	1	0	0	0

La tabla proporciona una revisión de los tratamientos aplicados por cada aserradero para la preservación de la madera. Enfocándose inicialmente en tratamientos para manchas específicos para la madera en estado verde. Además, se analizan las alternativas relevantes de tratamientos de preservación por impregnación, señalando las prácticas que contribuyen a prolongar la durabilidad y resistencia de la madera. Esta información es esencial para evaluar las capacidades de cada aserradero en términos de conservación y garantizar la calidad de los productos de madera a lo largo de su ciclo de vida.

Tabla 5: Clasificación estructural

Razón Social	CLASIFICACIÓN	Clasificación visual validada por entidad certificadora	Clasificación Mecánica con Pistola y muestreo de deformaciones	Clasificación por infrarrojo	Clasificación mecánica por deformaciones en línea productiva
Forestal y Agrícola Yukón Ltda.	1	1	0	0	0
Sociedad Aserraderos Santa Ignacia y cía. Ltda.	0	0	0	0	0
Aserradero Víctor Bravo E.I.R.L.	0	0	0	0	0
Forestal MMM S.A.	1	0	0	1	1
Arnoldo Opazo y Cía. Ltda.	0	0	0	0	0
Industria Maderera San Ignacio Spa/JMC	0	0	0	0	0
Aserradero Eduardo Muñoz Campos	1	1	1	0	0
Comercial Maderera JC	0	0	0	0	0
Maderera El Pino Ltda.	0	0	0	0	0
Forestal Mallorca Ltda.	0	0	0	0	0
Agroforestal Cauquenes S.A.	0	0	0	0	0
Constructora Opazo	0	0	0	0	0
Aserradero Aracely Quiroz EIRL / VICAR	0	0	0	0	0

La tabla resalta la realización y los diversos métodos de clasificación estructural, diferenciándolos entre visuales y mecánicos. Algunas entidades prefieren métodos visuales, validados por certificadoras, mientras que otras emplean técnicas mecánicas como clasificación por infrarrojo y pistola con muestreo de deformaciones en línea productiva. La variabilidad en las estrategias de clasificación se observa en el sector, subrayando la importancia de métodos precisos y adecuados. Esta información es crucial para comprender las prácticas de clasificación y su adopción en la industria, respetando la confidencialidad de detalles específicos de cada entidad.

Tabla 6: Productos Ofrecido

Razón Social	BASA	Madera Aserrada Verde	Madera Aserrada seca en bruto	Madera Aserrada Seca Cepillada	Madera aserrada Seca Impregnada	Madera Seca Elaborada	Madera Seca Elaborada Impregnada	Polín impregnado	Rollizo Calibrado Impregnado	Madera aserrada Clasificada estructuralmente.
Forestal y Agrícola Yukón Ltda.	0	1	1	1	0	1	1	0	0	0
Sociedad Aserraderos Santa Ignacia y cía. Ltda.	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Aserradero Víctor Bravo E.I.R.L.	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Forestal MMM S.A.	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Arnoldo Opazo y Cía. Ltda.	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Industria Maderera San Ignacio Spa/JMC	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Aserradero Eduardo Muñoz Campos	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Comercial Maderera JC	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0
Maderera El Pino Ltda.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Forestal Mallorca Ltda.	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Agroforestal Cauquenes S. A	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0
Constructora Opazo	0	1	1	1	0	1	0	0	0	0
Aserradero Aracely Quiroz EIRL / VICAR	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0

La tabla revela la gama de productos de madera aserrada generados por los aserraderos, proporcionando una visión detallada de su oferta y habilidades en la gestión de procesos diversos. Desde la Madera Aserrada Verde hasta elementos estructurales clasificados, como la Madera Aserrada Clasificada Estructuralmente, y productos tratados, como la Madera Aserrada Seca Impregnada, los datos destacan la versatilidad de estas empresas. Este análisis detallado facilita la comprensión de la capacidad de adaptación de las industrias madereras, mostrando cómo estas entidades pueden desarrollar diversos productos.

Tabla 7: Subproductos y Servicios Comercializados

Razón Social	Astilla Pulpable	Astilla combustible	Biomasa	Servicios de Secado	Servicio de impregnación	Pallets
Forestal y Agrícola Yukón Ltda.	1	1	1	1	0	1
Sociedad Aserraderos Santa Ignacia y cía. Ltda.	1	1	1	0	0	0
Aserradero Víctor Bravo E.I.R.L.	1	1	1	0	0	0
Forestal MMM S.A.	1	1	1	0	0	0
Arnoldo Opazo y Cía. Ltda.	1	1	1	0	0	0
Industria Maderera San Ignacio Spa/JMC	1	1	1	0	0	0
Aserradero Eduardo Muñoz Campos	1	1	1	1	0	0
Comercial Maderera JC	1	1	1	0	0	1
Maderera El Pino Ltda.	1	1	1	1	0	0
Forestal Mallorca Ltda.	1	1	1	1	1	0
Agroforestal Cauquenes S. A	1	1	1	0	1	0
Constructora Opazo	1	1	1	1	0	0
Aserradero Aracely Quiroz EIRL / VICAR	1	1	1	0	1	1

La tabla presenta los subproductos que cada empresa comercializa con el fin de optimizar y rentabilizar aún más sus operaciones. Estos se dividen en tres categorías: en primer lugar, los subproductos derivados del proceso de aserrado y elaboración; en segundo lugar, los servicios que pueden ofrecer para incrementar el factor de utilización de sus equipos; y finalmente, los productos alternativos, como la fabricación de pallets.

METODOLOGÍA DE VALORIZACIÓN DE DATOS RELEVANTES PARA LA EVALUACIÓN

MODELO DE INDUSTRIA

La evaluación de la competencia entre las empresas participantes se basa en sus rendimientos relativos, sugiriendo que aquellas con un desempeño superior están mejor posicionadas para incorporar líneas productivas de soluciones constructivas basadas en madera estructural. Esta premisa establece el marco esencial para la metodología propuesta, que destaca por su enfoque funcional en la determinación de la capacidad empresarial actual.

La propuesta del modelo de industria define parámetros fundamentales cualitativos, deliberadamente omitiendo aspectos cuantitativos como el rendimiento de la fábrica, los costos operativos y el análisis financiero. Estos últimos serán abordados en la etapa 4 del desarrollo del proyecto denominada Estudio Técnico - Económico. El objetivo principal es centrar la atención en el diseño del ensamblaje de la fábrica y asegurar instalaciones adecuadas para respaldar la operatividad con eficiencia.

Los parámetros considerados esenciales abarcan diversas dimensiones críticas. En primer lugar, se destaca la importancia de la **superficie**, concebida como el núcleo físico de la industria que alberga no solo instalaciones y recursos, sino también la infraestructura que da vida a la industria. La **infraestructura operacional**, se postula como otro pilar clave en este modelo de evaluación y esta corresponde a toda maquinaria y herramientas cruciales para la transformación de insumos en productos comercializables.

En el ámbito de las **operaciones**, se introduce la necesidad de un organigrama detallado de recursos humanos, con una asignación precisa de funciones para optimizar la ejecución de tareas. Además, se subraya la relevancia contemporánea de las tecnologías de la información, posicionándolas como no solo herramientas eficientes para la planificación y control, sino también como elementos esenciales para la interacción efectiva con entidades externas en el competitivo entorno actual. La capacidad de mantenimiento de la infraestructura operativa se presenta como un componente vital, especialmente en industrias demandantes como los aserraderos, donde un sistema proactivo de reparación es esencial para contrarrestar el desgaste constante de la maquinaria.

El **transporte** emerge como un factor clásico, pero invariablemente esencial, ya que no puede haber comercio sin una red eficiente para movilizar insumos y productos. En esta misma línea, se subraya la importancia de la facilidad de **conectividad** y la disponibilidad de servicios en la ubicación de la industria, factores que pueden desempeñar un papel crucial al considerar la eficiencia operativa.

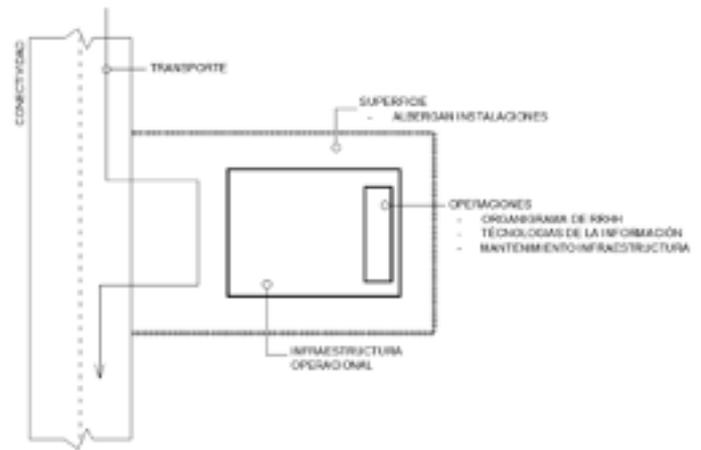


Ilustración 2: Esquema Ilustrativo de Planta Industrializadora

CRITERIOS DE EVALUACIÓN

Luego se describirán los factores evaluados en las visitas a terreno considerados esenciales para determinar las capacidades de estas empresas en relación con la inversión. Dado que las empresas abarcan diferentes escalas y el enfoque de este proyecto implica impulsar la competitividad de la industria en su conjunto, proponemos un análisis que relaciona las capacidades individuales con el grado de asociatividad necesario para llevar a cabo proyectos exitosos. A continuación, detallaremos los factores propuestos:

SUPERFICIE DE SUS INSTALACIONES.

La extensión de las instalaciones constituye un dato crucial al evaluar la capacidad de una empresa, aunque no es el único factor determinante. Todas las empresas participantes en este análisis son aserraderos, con la excepción de Ingepanel. Como se mencionó anteriormente, estas industrias se especializan en la producción y comercialización de madera verde o seca, con tratamientos variados. La inclusión de una línea dedicada a soluciones constructivas basadas en madera estructural implica la incorporación de nuevas instalaciones, que requieren una superficie adaptada.

En este contexto, los ambientes de trabajo controlado bajo galpones emergen como la elección más lógica para implementar en las plantas existentes. En fases iniciales de planificación para estas soluciones constructivas, se ha establecido que se necesita una superficie de al menos 1200 m². Además, es imperativo considerar un área pavimentada como patio de maniobras, facilitando accesos independientes para camiones de carga y descarga. La disponibilidad de espacio y su utilidad efectiva se convierten, por lo tanto, en factores determinantes al evaluar las capacidades de la empresa. Esto garantiza que la incorporación de nuevas instalaciones permita un trabajo controlado, eficiente y seguro.

Para evaluar las ventajas competitivas que involucran la superficie de sus instalaciones se determinará que la empresa con menor superficie constituirá el valor de 1, mientras que las empresas que tienen mayor extensión constituirán la nota máxima de 5, exceptuando claramente valores que se identifiquen como outsiders.

Tabla 8: Escala de evaluación Superficies

	Mínimo	Máximo
Superficie	2 há	12 há
Nota	1	5

POSESIÓN DE VEHÍCULOS DE TRANSPORTE.

Otro de los aspectos importantes tiene que ver con la matriz de operación logística que cada empresa ha desarrollado con equipos propios o con la externalización de servicios. El desarrollo de soluciones constructivas presume el transporte de soluciones constructivas de mayor dimensión, volumen y delicadeza que el transporte de los productos madereros a los que habitualmente los aserraderos utilizan. Por otra parte, una presumible asociatividad entre empresas que verticalicen la cadena de valor en el camino de producción de soluciones constructivas también por lo demás de una excelente capacidad de transporte y logista.

Parte importante del costo final que tiene actualmente los volúmenes de madera que venden los aserraderos tiene que ver con el valor del transporte. Para el caso del transporte de soluciones constructivas no será un caso distinto ya sea porque deben transportar productos dentro de la cadena de valor desde madera hasta solución constructiva o porque deben transportar las soluciones desarrolladas hasta consumidores finales, la capacidad de transporte propia o correctamente tercerizada se vuelve crucial al momento de entender cómo se debe integrar estos futuros actores en la cadena de valor de las soluciones constructivas.

La evaluación de este criterio se considera de carácter dual, vale decir se asigna un valor único bajo para el caso en que las empresas tercericen completamente sus necesidades de transporte y por otra parte se considera un valor único alto en el caso que las empresas posean sus propios vehículos para lidiar con esta necesidad.

Tabla 9: Escala de evaluación Equipos de Transporte

	Mínimo	Máximo
Transporte	Tercerizado	Propio
Nota	1	5

USO DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN.

Los aserraderos, en su variabilidad de tamaños, adoptan distintos enfoques operativos. Aquellos de mayor envergadura integran procesos tecnológicos en un sistema informático específicamente diseñado, lo que les otorga un control más preciso sobre sus operaciones y finanzas. En contraste, los aserraderos más pequeños suelen depender incluso de guías de despacho físicas, lo que complica el control y la planificación de sus operaciones.

Algunos organismos gremiales han propuesto la adopción de plataformas digitales para el seguimiento de la trazabilidad de la madera adquirida (trozas). Esta iniciativa es una oportunidad valiosa para los aserraderos, dándoles acceso práctico a las tecnologías de la información y permitiéndoles aprovechar los beneficios directos para gestionar sus insumos.

Es fundamental comprender la actual relación de las empresas con las herramientas informáticas y el uso de las tecnologías de la información, ya que la incorporación de nuevas líneas para desarrollar soluciones constructivas conlleva la integración de tecnología integrada al ámbito de la construcción, industria en la cual los aserraderos en general solo han tenido una interacción básica como proveedores de material. Para que una eventual planta



industrializadora de soluciones constructivas en madera funcione coordinadamente y pueda desarrollar soluciones constructivas (como paneles de muro y piso de configuraciones y dimensiones variadas, o cerchas con distribuciones y geometrías diversas), deben contar con sistemas informáticos que coordinen el trabajo, manual o automatizado con herramientas. En todos los casos, es necesario que esta coordinación se lleve a cabo mediante la metodología de trabajo BIM (Building Information Modeling). Esta metodología propone una colaboración coordinada entre todos los actores, desde arquitectura e ingeniería, y es crucial que esta coordinación llegue de manera efectiva a las plantas industrializadoras para asegurar la eficiencia y la coherencia en los productos de soluciones constructivas (Serra, 2023).

Por lo tanto, comprender el nivel actual de adopción de tecnologías de la información por parte de las empresas se convierte en un dato esencial para determinar la capacidad actual para incorporar nuevos sistemas para la coordinación y desarrollo con la asistencia de las tecnologías de la información.

Para asignar valores a este criterio se consignó el siguiente sistema de valores. Cuando hay ausencia total de sistemas, tanto para el control de trazabilidad como para el control de operaciones y finanzas se asigna un valor 0. Cuando empresas cuentan solamente con un sistema digital para el control de trazabilidad (sistema trazo) se asigna la nota de 1, mientras cuando empresas tiene sistemas digitales robustos e internalizados en sus operaciones para el control de las diversas áreas de control de una empresa, se asigna el valor máximo de 5.

Tabla 10: Escala de evaluación TI

	Nulo	Mínimo	Máximo
TI	Ausencia total	Solo sistema trazo	Control digital
Nota	0	1	5

DIVERSIDAD DE PRODUCTOS DE MADERA.

Incorporar nuevas líneas productivas implica la adquisición de activos, como maquinaria, la contratación de personal tanto calificado como profesional, y el desarrollo de infraestructura física para garantizar espacios adecuados para el trabajo, logística y transporte. En otras palabras, representa una inversión significativa.

Es crucial comprender cómo los aserraderos diversifican sus productos (tanto productos principales como subproductos) para evaluar su preparación para gestionar el riesgo de la incorporación de nuevas líneas productivas.. Las empresas que se centran en vender un único tipo de producto y/o cuyos subproductos no han mejorado para aumentar su demanda suelen ser más vulnerables que las que han ofrecido varios productos madereros, capturando mayor valor a través de estos y sus subproductos.

Por otro lado, las empresas que han diversificado sus productos están mejor posicionadas frente a momentos de

crisis. Actualmente, la industria maderera sufre una contracción económica, y quienes han superado esta situación con mayor eficacia son precisamente las que pueden adaptarse con una gama diversificada de productos.

Así, sin entrar en la revisión de carpetas tributarias ni planes de inversión, esta característica nos permite aproximarnos a la fortaleza económica de las empresas ante los cambios.

La diversidad de productos madereros supone un ecosistema de infraestructura sano, especializado y funcional. Por esta razón la cantidad de diversos productos madereros se utiliza como medida de la amplitud de la infraestructura operacional. Para diseñar una escala de evaluación se consideran los límites

Tabla 11: Escala de evaluación variedad de Oferta de Productos

	Nulo	Mínimo	Máximo
Diversidad productos	Solo subproductos	Venta 1 producto principal	Venta de varios productos
Nota	0	1	5

CAPACIDAD DE MANTENIMIENTO DE MAQUINARIA.

Se dice que el taller de mantención de un aserradero es el corazón de la planta. Esta frase romántica cobra sentido cuando se piensa en la relevancia de la magnitud con la que estas máquinas operan. Magnitud que evidentemente generan un desgaste significativo y continuado en la maquinaria.

Si bien las nuevas líneas a incorporar para el desarrollo de soluciones constructivas no cuentan con un nivel de operaciones tan complejo y sistemático como el del aserradero, siempre existirá un nivel de desgaste de las maquinarias y este se debe gestionar sistemáticamente.

Las labores de mantenimiento preventivo son relevantes, pues permiten establecer el máximo factor de disponibilidad de la maquinaria, es decir, al planificar las mantenciones, en momentos oportunos de las jornadas, se permite que estén disponibles para ser utilizadas por más tiempo, funcionando y con menor probabilidad de fallos (Fabian, 2022).

En este sentido, conocer si actualmente las empresas presentan capacidad para el mantenimiento de sus máquinas se vuelve importante en el sentido de la preparación mecánica para las nuevas máquinas a incorporar. Un aserradero con taller de mantención tiene personal capacitado preocupado por el funcionamiento de las máquinas. Así, hablamos de una empresa preocupada, con sus líneas de producción constante operación, evitando paradas no programadas, que generan un sobrecosto en el valor final de sus productos al diluir la pérdida de productividad en las unidades producidas. Una empresa preocupada por la mantención de sus actuales maquinarias es una empresa preparada para incorporar maquinaria para el desarrollo de soluciones constructivas y operarla en forma eficiente.

La evaluación de este criterio se considera también con únicamente dos valores, vale decir se asigna un valor único bajo para el caso en que las empresas tercericen completamente sus necesidades de mantención de sus maquinarias y por otra parte se considera un valor único alto en el caso que las empresas posean sus propios talleres y equipo especializado para lidiar con la mantención de su infraestructura.

Tabla 12: Escala de evaluación Servicios de mantenimiento

	Mínimo	Máximo
Mantención	Terceriza Servicio	Integra Servicio
Nota	1	5

CONECTIVIDAD A UN POLO GEOGRÁFICO.

Estar localizado en un entorno que asegure buena conectividad mediante caminos adecuados y preparados para el tránsito de maquinaria pesada o camiones de grandes dimensiones es una característica deseable al momento de planificar el emplazamiento de una planta industrializadora. Así mismo, encontrarse cercano de un entorno consolidado con servicios que puedan prestar asistencia a la funcionalidad de las industrias también se vuelve algo estratégicamente ventajoso cuando se piensa en la locación de las instalaciones.

Por otra parte, el proyecto parte de la premisa de que no todas las empresas participantes cuentan con las condiciones ideales desde el punto de vista técnico y/o financiero, ni tendrán el deseo de integrar todas las funciones operativas a lo largo de la cadena de valor para el desarrollo de soluciones constructivas debido al nivel de riesgo que estén dispuestos a soportar. La asociatividad, operativa o financiera, se erige como elemento indispensable para que el ecosistema maderero pueda ofrecer al mercado de la construcción las soluciones necesarias. En este contexto, es relevante que las empresas que opten por este tipo de estrategias, compartan una proximidad geográfica, para optimizar las labores de transporte y logística, contribuyendo así a maximizar el valor de las soluciones constructivas.

De este modo, se postula que las empresas inmersas o cercanas a un mismo polo geográfico presentan ventajas significativas en términos de asociatividad con otras empresas en condiciones similares. Este factor es crucial para determinar las etapas de la ganancia de valor capaces de incorporar, según la cercanía a otros polos.

Estos aspectos son fundamentales en la evaluación de las empresas y en la determinación de su capacidad para emprender proyectos de inversión. A través de este análisis, nuestro objetivo es identificar áreas de fortaleza y posibles oportunidades de colaboración entre las empresas en el sector maderero.

Pensando en las ventajas que pueden tener los polos identificados (Talca, Constitución, Chaco-Cauquenes y Empedrado) se asignan los siguientes valores de evaluación. Talca y Constitución constituyen dos de los polos con mayores ventajas ambos tienen posiciones muy estratégicas. Mientras Talca está cerca de la ruta 5 y cuenta con el gran abastecimiento que el parque industrial de la capital del Maule pueda aportar, por otra parte, Constitución se emplaza en la zona de producción forestal permitiendo optimizar mucha logística de transporte, con un nivel de servicios adecuado al tratarse de una ciudad de pequeña envergadura y tradición industrial. Por otra parte, Empedrado si bien se ubica también en la zona de bosques forestales, se emplaza en una zona bastante aislada y con una ruta no precisamente diseñada para el tránsito camionero, aunque si de bastante poco tráfico. Finalmente, el polo de las ciudades de Chanco y Cauquenes, ambas ciudades que viven de la actividad industrial donde están inmersas y donde la industria forestal implica un gran rol. Este polo es el que más aislado se encuentra, por lo que la disponibilidad de servicios es muy escasa y tampoco cuenta con una ruta preparada para el alto tráfico camionero.

Tabla 13: Valoración de polos geográficos

Talca	5
Constitución	5
Empedrado	3
Cauquenes	2

DESCRIPCIÓN DE LA FICHA

A continuación, se presenta un esquema para la elaboración de las fichas descriptivas de empresa. Esta ficha tiene por objetivo mostrar las características relevantes de las empresas participantes según lo establecido en Características técnicas de las empresas, en esta ficha se podrá observar información general de la empresa, ubicación, una descripción general de sus actividades y características, y un gráfico que valoriza los datos de evaluación.

1. **Información general:** Se entrega la información general de la empresa, nombre, razón social, información de contacto, ubicación, capacidad productiva, superficie útil y trazabilidad de su materia prima.
2. **Información geográfica:** a la izquierda muestra vista satelital, marcando el perímetro de la instalación visitada a una escala amplia, esta nos permitirá revisar la cercanía a otras empresas o a la conectividad vial, para evaluar en términos logísticos.
3. **Descripción general** que entrega información de interés en cada caso.
4. **Tabla de resultados** de valoración de categorías, con gráfico radial que muestra fortalezas en cada caso.



AGROFORESTAL CAUQUENES S.A.

Datos Generales

Razón Social	Agroforestal Cauquenes S. A
R.U.T.	96.502.620-7
Contacto	eduardo.av.alfaro@gmail.com
Ubicación	Pelluhue
Volumen Producido	20000 m ³
Superficie Total Instalaciones	6 hás
Cantidad de terrenos	1
Sistema de trazabilidad	1

Ubicación e Instalaciones



Agroforestal Cauquenes, con sede en la comuna de Chanco, se especializa en la producción y venta de productos de madera elaborada impregnada. Su enfoque comercial es local, atendiendo a ferreterías y clientes directos. La empresa ha establecido un contrato operativo con Arauco para el almacenamiento de trozos pulpables y la producción de viruta pulpable destinada a la planta de celulosa.

Agroforestal Cauquenes entra en la categoría de capacidad G2. Tiene puntos excelentes como la inclusión de mantenimientos, diversidad de productos, superficie de instalaciones y uso de tecnologías de información, aunque solo a nivel financiero. La ausencia de transporte propio y su lejanía con otras empresas se presentan como puntos débiles.



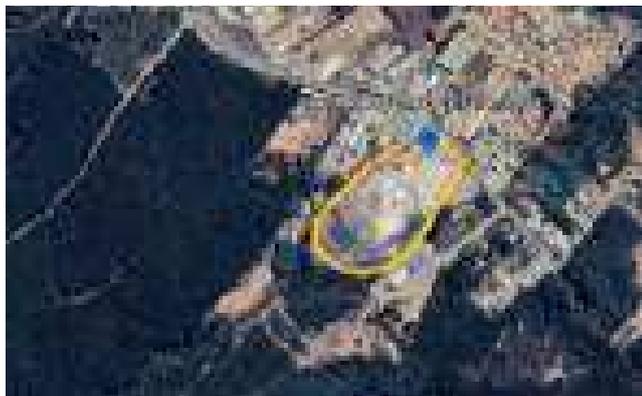


ARNOLDO OPAZO Y CÍA. LTDA.

Datos Generales

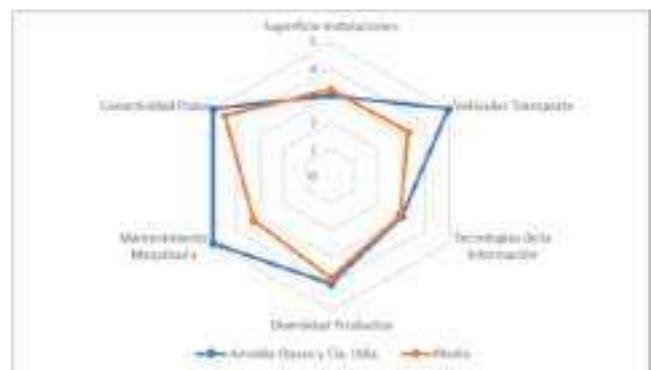
Razón Social	Arnoldo Opazo y Cía. Ltda.
R.U.T.	0
Contacto	0
Ubicación	Constitución
Volumen Producido	20000 m ³
Superficie Total Instalaciones	5 hás
Cantidad de terrenos	1
Sistema de trazabilidad	1

Ubicación e Instalaciones



Arnoldo Opazo y Cía. Ltda. Empresa ubicada en la comuna de Constitución, a aproximadamente 5 km del acceso a la ruta Chanco-Constitución. Se dedican a la comercialización de una amplia gama de productos de madera aserrada, desde madera verde, pasando por cepillados y productos elaborados e impregnados. Adicionalmente, se encuentran en fase de desarrollo para la producción de CLT (Cross-Laminated Timber), haciendo paneles de dimensiones pequeñas en espesores de 90 mm.

El aserradero obtiene una clasificación de G1 posicionando como una empresa de gran capacidad operacional. Posee grandes fuertes como su capacidad de transporte, capacidad de mantenimiento, excelente diversidad de productos y muy buena ubicación.





ARACELY QUIROZ E.I.R.L.

Datos Generales

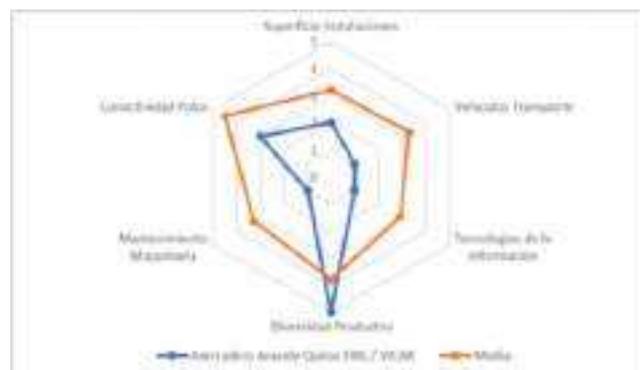
Razón Social	Aserradero Aracely Quiroz EIRL / VICAR
R.U.T.	76.193.851-7
Contacto	quiroz0712@gmail.com
Ubicación	Empedrado
Volumen Producido	10000 m ³
Superficie Total Instalaciones	4 hás
Cantidad de terrenos	1
Sistema de trazabilidad	0

Ubicación e Instalaciones



Aracely Quiroz E.I.R.L /VICAR, con sede en Empedrado, destaca por el uso de sierras circulares, a pesar de tener una menor eficiencia en el aprovechamiento de la madera. La empresa ofrece servicios adicionales, como impregnación, cepillado y elaboración de productos arquitectónicos, ampliando así su oferta en el mercado.

El aserradero obtiene una clasificación G2 en sus capacidades. Destaca principalmente por su capacidad de ofrecer variedad de productos, su principal punto a mejorar es el uso de tecnologías de la información y mantenimiento de máquinas. No obstante, esta empresa se encuentra en continuo plan de mejoramiento denotado por la adquisición de nueva maquinaria de alta tecnología.





ASERRADERO EDUARDO MUÑOZ CAMPOS

Datos Generales

Razón Social	Aserradero Eduardo Muñoz Campos
R.U.T.	12.788.333-3
Contacto	eduardomunozcampos@gmail.com
Ubicación	Constitución
Volumen Producido	50000 m ³
Superficie Total Instalaciones	12 há
Cantidad de terrenos	2
Sistema de trazabilidad	1

Ubicación e Instalaciones



Con dos predios en camino a Constitución, Eduardo Muñoz Campos se especializa en una amplia gama de productos para la construcción. La empresa lleva a cabo la clasificación mecánica estructural, asegurando la calidad y la conformidad de sus productos con las normativas correspondientes. Destaca también por mantener excelentes relaciones comerciales con grandes instituciones como Arauco, lo que le permite tener gran estabilidad financiera.

El aserradero obtiene una clasificación G1 por sus excelentes capacidades. Destaca por sus extensas instalaciones, uso de las tecnologías de la información, permitiéndole ofrecer gran diversidad de productos siendo el único capaz de ofrecer madera aserrada estructural.





ASERRADERO JMC

Datos Generales

Razón Social	Industria Maderera San Ignacio Spa/JMC
R.U.T.	76.963.186-0
Contacto	jmcontrerasm@hotmail.com
Ubicación	Constitución
Volumen Producido	10000 m ³
Superficie Total Instalaciones	4 has
Cantidad de terrenos	2
Sistema de trazabilidad	1

Ubicación e Instalaciones



Situado en el camino a Constitución, JMC se dedica a la producción de madera aserrada e impregnada. Además, ofrece servicios de impregnación a otros aserraderos y está estudiando la posibilidad de modificar el conclave para la impregnación con cobre micronizado, demostrando versatilidad en sus operaciones.

El aserradero se clasifica como una empresa G2 en capacidad empresarial. Destaca por su excelente ubicación, capacidad de transporte y variedad de productos que puede ofrecer. Uno de los principales puntos a mejorar es el uso de las tecnologías de la información y capacidad propia de mantención de maquinarias.





ASERRADERO VÍCTOR BRAVO

Datos Generales

Razón Social	Aserradero Víctor Bravo E.I.R.L.
R.U.T.	76.340.419-6
Contacto	aserraderbg@gmail.com
Ubicación	Empedrado
Volumen Producido	10000 m ³
Superficie Total Instalaciones	2 hás
Cantidad de terrenos	1
Sistema de trazabilidad	1

Ubicación e Instalaciones



Emplazado en Empedrado, Aserradero Víctor Bravo se especializa en la elaboración de Basa y productos de madera verde. Además de productos estándar, ofrece soluciones arquitectónicas a medida, externalizando servicios de secado e impregnación para adaptarse a las necesidades del mercado.

El aserradero obtiene una clasificación de G2 por sus capacidades. Destaca por su capacidad de transporte, maquinaria y su mantenimiento. Puntos que quedan por agregar valor son incorporar más tecnologías de la información para el control de la empresa y diversificar sus productos a ofrecer para evitar dependencias que pueden agregar vulnerabilidad a las operaciones.





COMERCIAL MADERERA JC

Datos Generales

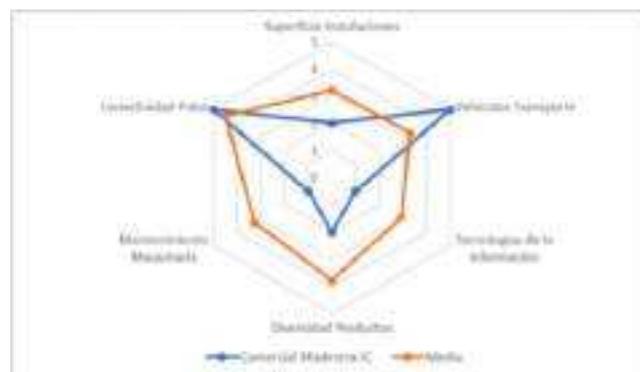
Razón Social	Comercial Maderera JC
R.U.T.	77.122.448-2
Contacto	gerencia@maderasjc.com
Ubicación	Constitución
Volumen Producido	10000 m ³
Superficie Total Instalaciones	3 hás
Cantidad de terrenos	1
Sistema de trazabilidad	1

Ubicación e Instalaciones



El aserradero JC se encuentra con una excelente la localida-
dad en la ciudad de Constitución. Es un aserradero relati-
vamente nuevo el cual ha desarrolla excelentes relaciones
con instituciones como Arauco para la comercialización
de madera cepillada y elaborada. Este último tiempo se ha
comprometido con mejorar su competitividad invirtiendo
en infraestructura como pavimentación de sus ingresos y
nueva maquinaria para ampliar sus productos y mejorar
sus servicios.

El aserradero obtiene una clasificación de G2 por sus ca-
pacidades. Destaca por su capacidad de control de logísti-
ca y transporte, y estratégica operación. Puntos a mejorar
el uso de las tecnologías de la información.





CONSTRUCTORA OPAZO

Datos Generales

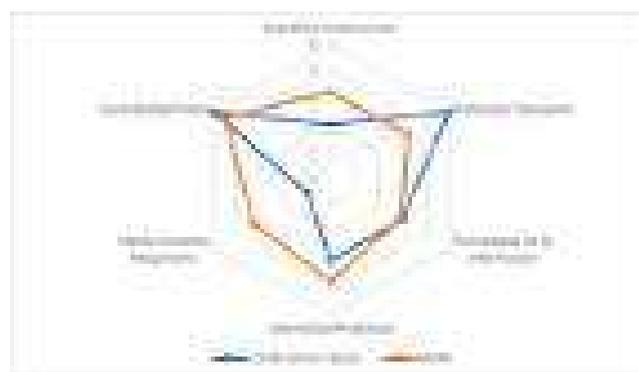
Razón Social	Constructora Opazo
R.U.T.	76.117.100-3
Contacto	constructoraopazo@gmail.com
Ubicación	Constitución
Volumen Producido	10000 m ³
Superficie Total Instalaciones	3 hás
Cantidad de terrenos	1
Sistema de trazabilidad	1

Ubicación e Instalaciones



Ubicada en el inicio del camino Chanco-Constitución, Constructora Opazo cuenta con instalaciones de aserrado, secado e impregnación. Con interacciones con empresas como Arauco y MMM, y experiencia en construcciones habitacionales.

El aserradero obtiene una clasificación G2 por su nivel actual de capacidades. Destaca por su capacidad de logística y transporte, conectividad. Puntos a mejorar es el uso de las tecnologías de la información para el control de procesos operacionales y diversificación en la cantidad de productos a ofrecer mediante impregnación y/o clasificación.





FORESTAL MALLORCA

Datos Generales

Razón Social	Forestal Mallorca Ltda.
R.U.T.	76.124.411-6
Contacto	tesoreria@forestalmallorca.cl
Ubicación	Talca y Constitución
Volumen Producido	50000 m³
Superficie Total Instalaciones	12 há.
Cantidad de terrenos	2
Sistema de trazabilidad	1

Ubicación e Instalaciones



Forestal mallorca es un aserradero que posee instalaciones en las comunas de Talca y Constitución, cuenta con una amplia variedad de procesos, y productos y sus volúmenes de producción son mayores que en otros casos. Destaca por la amplitud de servicios que posee para agregar valor, incluyendo productos cepillados e impregnados.

El aserradero obtiene una clasificación G1 por sus capacidades actuales. Destaca en varios puntos incluyendo: gran superficie por sus dos terrenos, diversidad de productos, capacidad de mantenimiento y conectividad.





FORESTAL MMM

Datos Generales

Razón Social	Forestal MMM S.A.
R.U.T.	76.026.945-K
Contacto	wenceslao.sanchez@forestaltresem.cl
Ubicación	Constitución
Volumen Producido	600000 m ³
Superficie Total Instalaciones	45 há.
Cantidad de terrenos	5
Sistema de trazabilidad	1

Ubicación e Instalaciones



Forestal MMM, es un Joint Venture desarrollado por tres aserraderos de la comuna de Constitución, que son Martín, Mestre y Muñoz. Su capacidad productiva es muy elevada y cuenta con un nivel de desarrollo tecnológico elevado que le permite optimizar sus procesos en gran medida.

Este aserradero constituye uno de los mejores de la región. Destaca en todos sus puntos dado su gran nivel de inversión lo que la ha llevado a manejar gran cantidad de productos y de destacada diversidad. Uso avanzado de tecnologías de la información y logista-transporte. Su clasificación es de G1 por sus capacidades empresariales.





FORESTAL Y AGRÍCOLA YUKÓN LTDA.

Datos Generales

Razón Social	Forestal y Agrícola Yukón Ltda.
R.U.T.	77.742.270-7
Contacto	jvergara@forestalyukon.cl
Ubicación	Pelarco
Volumen Producido	50000 m ³
Superficie Total Instalaciones	12 hás.
Cantidad de terrenos	2
Sistema de trazabilidad	1

Ubicación e Instalaciones



Forestal y Agrícola Yukón Ltda. es una empresa dedicada a la elaboración de productos de madera aserrada para mercado nacional e internacional. Cuenta con dos predios, en el primero, se encuentra habilitado el aserradero y en el segundo cuenta con un galpón disponible que tiene interés en ser utilizado para una nueva línea productiva. Si bien no cuentan con sistemas para clasificación mecánica de elementos, tienen personal calificado en el procedimiento para clasificación visual, sin embargo, en la actualidad lo realizan solamente a pedido.

El aserradero obtiene una clasificación G1 por sus capacidades actuales. La empresa destaca en todos los puntos mostrando gran capacidad de producción de una gran variedad de productos, con excelente uso de las tecnologías de la información y gran capacidad de transporte y logística.





INGEPANEL

Datos Generales

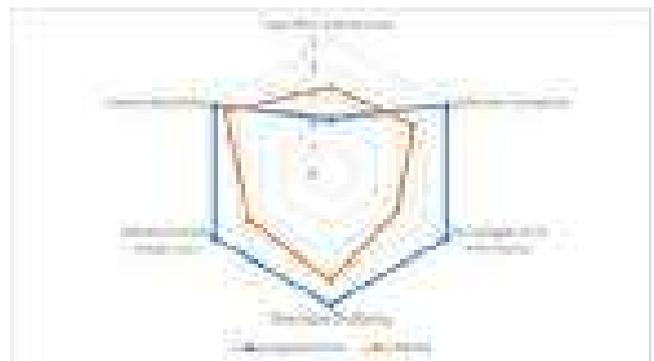
Razón Social	Ingepanel S.A.
R.U.T.	76.095.599-K
Contacto	lcanales@ingepanel.cl
Ubicación	Talca
Volumen Producido	N/A
Superficie Total Instalaciones	4 há.s.
Cantidad de terrenos	3
Sistema de trazabilidad	Etiquetado de productos

Ubicación e Instalaciones



Ingepanel es la única empresa del catastro que no corresponde a un aserradero, actualmente, ellos realizan la prefabricación de sistemas constructivos con paneles SIP y la fabricación de Cerchas de madera con sistema de placas dentadas, tienen dentro de sus lineamientos estratégicos la incorporación de sistemas en entramado ligero para poder incorporar una oferta de productos que se puedan certificar

La empresa obtiene una clasificación G1 por sus excelentes capacidades de producción. Destaca en varios puntos como: excelente uso de las tecnologías de la información para el control de las operaciones, diversidad de productos, mantenimiento de maquinaria y capacidad de transporte-logística.





MADERERA EL PINO LTDA.

Datos Generales

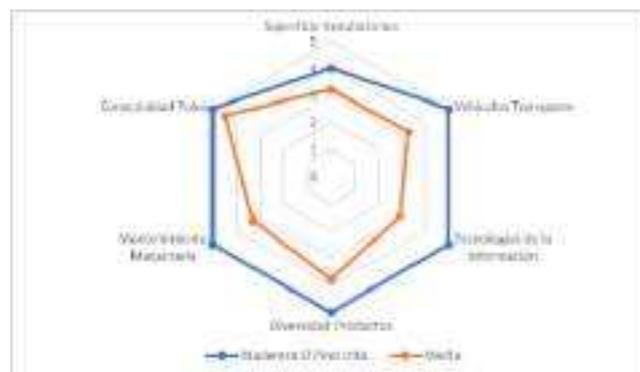
Razón Social	Maderera El Pino Ltda.
R.U.T.	79.505.730-7
Contacto	imoran@procort.cl
Ubicación	Constitución
Volumen Producido	200000 m ³
Superficie Total Instalaciones	7 hás
Cantidad de terrenos	2
Sistema de trazabilidad	1

Ubicación e Instalaciones



Maderera el Pino Ltda. es un aserradero ubicado en camino a la localidad de constitución, este aserradero cuenta con un predio de 1000 hás de bosques, y 6 hás asignadas a la planta productiva. Tiene un alto nivel de desarrollo con un aserradero lineal que permite ejecutar el proceso de aserrado con una sola maquina y una cantidad reducida de operadores. Tienen un alto interés en desarrollar nuevos proyectos.

El aserradero obtiene una clasificación G1 por sus excelentes capacidades empresariales. Destaca en prácticamente todos los puntos. Presenta una gran capacidad de producción, buena diversidad de productos y excelente conectividad.



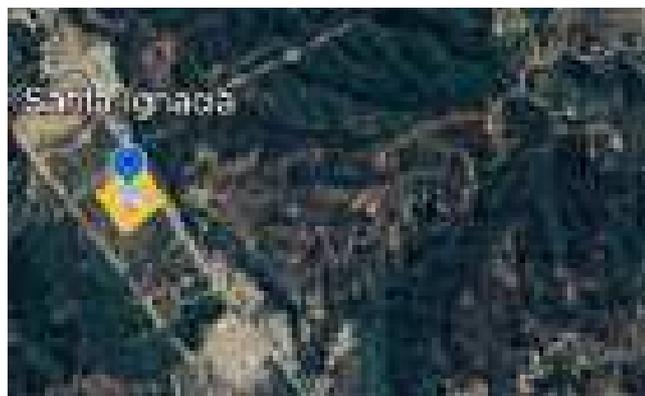


SOCIEDAD DE ASERRADEROS SANTA IGNACIA Y CÍA. LTDA.

Datos Generales

Razón Social	Sociedad Aserraderos Santa Ignacia y cía. Ltda.
R.U.T.	77.125.265-6
Contacto	aserraderosantaignacia@gmail.com
Ubicación	Camino a Constitución
Volumen Producido	20000 m ³
Superficie Total Instalaciones	4 hás
Cantidad de terrenos	1
Sistema de trazabilidad	1

Ubicación e Instalaciones



Aserradero ubicado entre Santa Olga y Constitución, incorpora instalaciones para el aserrado, cepillado y elaborado, pero externaliza los servicios de secado durante la temporada húmeda y los servicios de impregnación.

El aserradero obtiene una clasificación G2 por sus capacidades actuales. El aserradero destaca por su extensión de superficie, diversidad de productos y excelente conectividad por su ubicación estratégica. Puntos que debe agregar valor son la incorporación de tecnologías de la información, capacidad propia de transporte-logística y aptitudes para mantención de maquinarias.



CONCLUSIONES

Las visitas a terreno son una instancia que permite obtener información de primera fuente, permite establecer contacto con la realidad de las operaciones de las empresas. Si bien, se obtuvo información técnica específica al rubro mediante el formulario otorgado, en terreno y en conversación con los actores del rubro, se puede obtener información clave para el desarrollo y validación del proyecto a desarrollar. También, beneficioso a la hora de confirmar ciertas hipótesis y aclarar las preocupaciones del sector y sus actores.

Con respecto a los productos elaborados por cada empresa, se pudo identificar una amplia variedad, pero principalmente se observó sistemáticamente que la elaboración de madera clasificada estructuralmente es reducida, en general se realiza a pedido y son pocos los aserraderos que han realizado las capacitaciones para inspección visual, y menos aún aquellos que realizan clasificación mecánica. Se pudo observar, según lo comentado de parte de los propietarios de aserraderos que la principal limitación para la producción de MAE es la baja demanda, ya que el mercado no paga el precio que se requiere para estos productos tengan una rotación suficiente que les permita rentabilizar la operación.

Por otra parte, la disposición a participar en proyectos de innovación por parte de propietarios de los aserraderos es alta, y esta principalmente movilizada por una necesidad de asegurar la continuidad de operaciones y de ingresos. Lo anterior, es a causa de las dificultades que se han presentado en el mercado, debido a la reducción de la oferta de materia prima, viéndose obligados a comprar a precios altos a costa de los márgenes y por la captura de demanda de empresas de mayor envergadura, que regularmente producen para el mercado internacional y a causa de las contracciones de este, ingresan sus productos al mercado local a precios muy competitivos.

Sin embargo, hay participantes que realizan el análisis más allá, pues, están pensando en la relación estratégica que se puede dar entre la producción de madera aserrada estructural y productos de construcción, con los lineamientos de las políticas de desarrollo sostenible.

Respecto a la región y sus empresas madereras se observa con claridad que la industria de este material es una

actividad de alta relevancia. Existe una gran superficie de plantaciones forestales de pino radiata, una gran cantidad de aserraderos y pequeñas ciudades (como empedrado) que giran completamente en torno a la madera.

Respecto las empresas, en general existe un ecosistema bien consolidado. Las empresas se muestran como industrias bien preparadas y con basto conocimiento al menos técnico sobre el funcionamiento de un aserradero, grupos de asociaciones gremiales cumplen una gran labor en prestar asistencia e instrucción a las empresas con el objetivo de mantener viva la actividad.

Estas existen de diversos tamaños (se clasifican en 2 principales G1 y G2) y suelen tener un nivel de interacción más cercano a lo colaborativo que lo competitivo. Esto basado en que es común encontrar asociaciones entre empresas mediante la conformación de razones sociales comunes, cercanas geográficamente las cuales entre otras cosas logran sinergia basado en apoyo de prestaciones de servicios para alcanzar calidades o productos para completar volúmenes comprometidos. Si evaluamos la totalidad de las empresas participantes de la región, obtenemos una clasificación G1 como promedio, lo que indica que la región se posiciona con un nivel elevado en cuanto a calidad de aserrío, lo cual confirma que la región de Maule se presenta como una región de excelencia maderera a nivel nacional.

Si se observa el detalle de esta clasificación G1 podemos indicar que este promedio proviene desde 50% de empresas clasificadas como G1 y 50% con una clasificación G2. Lo que para esta muestra denota un grupo equilibrado con tendencia a empresas de buena capacidad de aserrío.

Esto indica que las empresas de la región, en una gran proporción, se encuentran con buenas capacidades industriales para poder incorporar nuevas líneas para la producción de soluciones constructivas basadas en madera estructural. Cabe recordar que en este presente informe las capacidades fueron evaluadas solamente a nivel de infraestructura y operaciones, exceptuando capacidades económicas y financieras, este tema será sujeto de estudio posterior, durante la entrega del informe técnico-económico de las empresas.



A photograph of a construction site for a row of houses. The houses have gabled roofs covered in silver protective sheeting. A concrete pump truck is visible in the background, and a dirt road runs alongside the buildings. The sky is blue with scattered white clouds.

INFORME 2: **CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA**

INTRODUCCIÓN



La industria del aserrío en la región del maule está pasando por un momento histórico complejo, la reducción de la replantación de bosques ha causado que la disponibilidad de materia prima se reduzca en forma paulatina a lo largo de los años, elevando de este modo los costos de producir madera aserrada y por ende impacta en la rentabilidad de los aserraderos y el precio de sus productos en el mercado.

El objetivo de este informe, desde el desarrollo del proyecto que busca potenciar la industria e incrementar la competitividad y rentabilidad de las empresas en esta, apunta a la identificación de productos y demandados por el ámbito público-social en los cuales la madera puede tomar un rol competitivo en su provisión. Es por esto por lo que la definición del producto apuntará a productos de construcción de vivienda social en general, con sus respectivos requisitos técnicos y reglamentarios, y el análisis que se realiza, es respecto de la forma en que los sistemas constructivos en madera pueden alcanzar o exceder estos requisitos.

De acuerdo con la industria y literatura internacional se pueden conocer ventajas de la construcción con madera en diversos ámbitos, especialmente cuando se considera dentro de su desarrollo el uso de tecnologías industrializadas de construcción que favorecen a su viabilidad

económica respecto de las metodologías de construcción tradicional. Por esto, es que dentro de la lógica del desarrollo de este documento, se consideraran estas técnicas como línea de base para eventuales desarrollos.

Para lo anterior, se establecen algunas interrogantes que pueden ser útiles. Es necesario identificar los requisitos generales que regulan la construcción de proyectos sociales, además, se debe identificar los productos característicos de la construcción de vivienda social que puedan dar pie al desarrollo de productos sustitutos desarrollados con madera. En línea con la industrialización, se presentará un modelo preliminar de planta que permitirá hacer comparativas de costos que permitan resolver la viabilidad económica.

También se buscará responder a la consulta acerca del tamaño del mercado y las posibilidades de participación, utilizando instrumentos públicos para conocer esta información y conocer los alcances y características de estos mercados.

Todo lo anterior proporcionará información pertinente para la elaboración de modelos de negocios que puedan ser sostenibles y rentables de aplicar por las empresas participantes del proyecto.

GLOSARIO



| Fábrica Industrializadora. Fuente: Elaboración propia

Para efectos del desarrollo de este documento, los siguientes términos se entenderán de la forma que se denota a continuación:

| **Construcción Industrializada:**

Refiere a la integración de procesos en la construcción desde una metodología que permite estandarizar los procesos, y con ello la calidad de los productos obtenidos se ve incrementada, se considera especialmente la producción de componentes fuera de la faena, para simplificar y sistematizar las faenas en terreno, acortando plazos de esta.

| **Déficit Habitacional:**

corresponde al acumulado de requerimientos habitacionales no satisfechos dada una amplia variedad de condiciones, desde lo socioeconómico, el hacinamiento, el mal estado de viviendas, entre otros.

| **Demanda Habitacional:**

corresponde a la demanda efectiva que existe año a año en relación con los requerimientos habitacionales, esta demanda puede venir de fuentes privadas (Proyectos habitaciona-

les privados) o públicas (Programas habitacionales a los que los individuos o núcleos familiares postulan para acceder a la vivienda.

| **EGIS:**

La Entidad de Gestión Inmobiliaria Social tiene por función patrocinar la ejecución de proyectos habitacionales que provienen de programas sociales de acceso a la vivienda, no necesariamente son constructoras, o inmobiliarias. Pero gestionan los proyectos y coordinan entre los participantes y los comités o familias.

| **Hogar:**

corresponde al núcleo familiar inscrito y validado en registro social de hogares, y se toma como unidad básica a partir de la cual se determina el acceso a beneficios públicos.

| **Llamado a Licitación:**

Corresponde a un llamado público para que desarrolladores o EGIS, compitan por la adjudicación de un proyecto de ejecución de viviendas sociales en cualquiera de los programas existentes.

| **Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones:**

| **Plan Urbano Habitacional:**

Proyectos desarrollados por Servicios de vivienda y Urbanización (SERVIU) respectivos que coordinan la generación de proyecto habitacionales bien emplazados en entornos urbanos con buena conectividad y acceso a los servicios, estos se conectan también con la correcta coordinación de planes reguladores.

| **Zona de influencia:**

Se llamará zona de influencia a el sector geográfico comprendido por la región del Maule, Región de O'Higgins, y región de Ñuble, dado a que se considera en primera instancia como costo efectivo con relación a los costos de transporte de productos terminados, y es en base a esta zona que se caracterizará la demanda.

METODOLOGÍA

Descripción de la metodología

PRODUCTOS

Para el desarrollo del proyecto, es fundamental caracterizar una demanda que sea posible de ser capturada por las empresas beneficiarias de este, para esto, es de suma importancia conocer las etapas de la cadena de valor y cuáles son los productos finales que se requieren en el mercado. La propuesta del proyecto se centra en la creación de sistemas constructivos en madera, que puedan responder a la demanda de soluciones constructivas en el ámbito público y privado.

Para que estas soluciones constructivas puedan satisfacer una demanda real de viviendas enmarcadas en los programas habitacionales vigentes, es imperativo que sean desarrolladas de acuerdo con los estándares técnicos requeridos por la normativa de construcción y los requisitos específicos adicionales de dichos programas habitacionales, validando así estas soluciones para dar respuesta a la demanda antes mencionada.

Teniendo en cuenta lo anterior, se lleva a cabo una revisión de las exigencias técnicas en la normativa de construcción en general y en los programas habitacionales que se encuentran vigentes. De modo de poder caracterizar cuales son los requisitos específicos para cada tipo de solución constructiva, y así poder especificar correctamente según parámetros técnicos las soluciones requeridas para las viviendas. Este ejercicio se debe realizar de todos modos cada vez que se desarrolla un proyecto y el proceso desarrollado tiene por objetivo ejemplificar y dar a conocer los aspectos relevantes para el desarrollo de proyectos. Que en general son materia de profesionales del área, pero son nociones que en el mercado de la vivienda industrializada se deben considerar.

CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA

Por otra parte, se proporcionará una proyección de la cantidad de viviendas que se ejecutan en el área comprendida entre las regiones Metropolitana y de Ñuble, para poder estimar una demanda anual, que permita evaluar el modelo de negocio del desarrollo de estos sistemas constructivos industrializados.

Para esto, se proporcionan datos de diferentes fuentes que permiten realizar dichas estimaciones con un grado de certeza razonable, a los cuales se les realiza un análisis descriptivo para conocer sus valores e incidencias.

Se revisa en detalle la información sobre proyectos habitacionales ejecutados en la región, especialmente aquellos realizados mediante diferentes subsidios habitacionales, para lo cual, se ha presentado una solicitud de información por ley de transparencia a SERVIU Maule

y se obtuvo un registro de llamados realizados por cada programa en los últimos tres años y el estado actual de dichos proyectos.

La oportunidad de desarrollo de nuevos proyectos se obtiene de la recopilación de información de diversas fuentes nacionales, como Déficit Cero, Informes de la Cámara Chilena de la Construcción (CChC), datos de la Encuesta CASEN y el proyecto de ley de presupuestos para el año 2024 (Hasta 10000 UTM no requieren licitación), PEH. El objetivo de esta revisión es comprender cómo se comporta la existencia de requerimientos habitacionales a través de los años, contrastándolo con la cantidad de licitaciones y unidades de vivienda.

COMPARACIÓN DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Para la determinación de los valores estándar de construcción, se obtuvo presupuestos y documentación de proyectos reales emplazados entre la región metropolitana y la región de Ñuble. Esto permite caracterizar costos típicos de construcción caracterizados en UF/m². para así obtener una unidad estándar de comparación.

Se tomó uno de los proyectos mencionados anteriormente, y se realizó la conversión de su estructuración desde estructura de hormigón armado a estructura de madera fabricada industrialmente. Para poder evaluar su costo fue necesario desarrollar el costeo en forma preliminar de las soluciones de planta industrializadas, costos de transporte y de montaje en la ubicación real del proyecto. Dentro del análisis se consideró modificar únicamente las actividades asociadas a las materialidades reemplazadas.

Las etapas respectivas a industrialización se caracterizan a partir de tres niveles de desarrollo según los fundamentos del diseño y la construcción con madera, según lo establecido por (Guindos, 2019): Componentes lineales, Paneles y Módulos. En cada uno de estos niveles, se identifica un grado específico de desarrollo técnico para la entrega de los mencionados productos. Luego, para efectos de determinación de costos se evaluó un modelo de planta con sistema de paneles y con nivel de industrialización 3, el cual incorpora sistemas neumáticos, algunas asistencias robóticas, pero también una serie de procesos manuales.

Una vez costeadas las operaciones de industria, logística y montaje, fueron incorporadas al presupuesto inicial, reemplazando las actividades correspondientes, obteniendo finalmente el costo por m² de las soluciones industrializadas con madera.

Esto permite establecer una comparación de sistemas con parámetros equivalentes, y así conocer la competitividad de las soluciones con madera con respecto a sus equivalentes en hormigón armado.

A continuación se presenta el flujo del proceso completo para realizar esta evaluación:

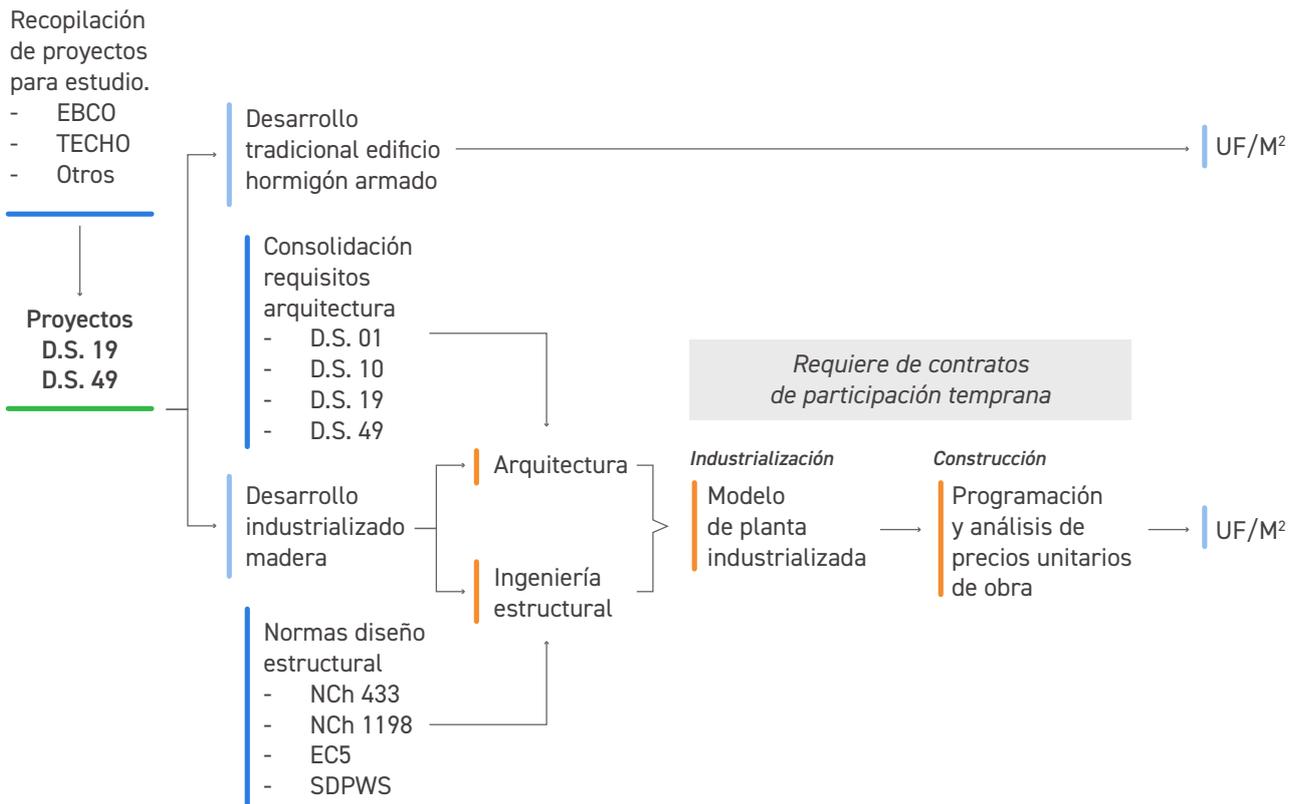


Ilustración 3: Proceso metodológico de comparación de costo de sistemas constructivos.

ACTORES EN EL MERCADO

También se considera de suma importancia identificar a los actores clave en el sector habitacional de la región. En este sentido, se ha realizado una solicitud a SERVIU para obtener un listado exhaustivo de proveedores, abarcando Entidades de Gestión Inmobiliaria Social (EGIS), Empresas Constructoras y otras entidades que participan activamente en la construcción de viviendas en la región.

La identificación de estos actores desempeñará un papel fundamental al proporcionar una comprensión más profunda de sus operaciones, los sistemas constructivos que emplean de manera regular, y permitirá identificar las

brechas existentes entre sus procesos actuales y la posible incorporación de sistemas constructivos basados en Madera Aserrada Estructural.

LICITACIONES

Complementariamente, se realizará un análisis de los criterios de evaluación de últimos llamados a licitación de proyectos de programas habitacionales, levantando los criterios nuevos que se han incorporado respecto de puntajes complementarios a la construcción con Madera Estructural y local, para así comprender a nivel teórico cómo eso puede influir en los puntajes de las propuestas.

SUPUESTOS

- En forma conservadora, se está considerando únicamente la evaluación de la demanda en el ámbito público, es decir, de programas habitacionales. No se está tomando en cuenta la posible demanda en el ámbito habitacional privado.
- Para la evaluación de la demanda, se acotará la proyección de licitaciones anuales con la comparativa de costos actualmente validada para proyectos ejecutados en sistema marco plataforma, limitando a la participación de mercado que ese costo característico signifique.
- Se considera para efectos de evaluación proyectos ubicados desde la región metropolitana hasta la de nuble, donde se considera que los costos de transporte asociados son competitivos.



CARACTERIZACIÓN DE LA DEMANDA

Caracterización General

NIVELES DE INDUSTRIALIZACIÓN

La industrialización en la construcción manifiesta oportunidades en la estandarización de la calidad, reducción de errores constructivos, sistematización de procesos a nivel de la fábrica (Mikel y otros, 2022).

Por otra parte, en obra, proporciona mejoras relacionadas con la reducción de personal en obra, acortamiento de la duración de los procesos con su consiguiente reducción en duración total de la obra y los costos asociados al tiempo de esta (Arquima, s.f.).

Lo anterior puede permitir un incremento en la rentabilidad de los proyectos, al reducir sus costos asociados al tiempo de obra, implica que se está reduciendo el valor de los gastos generales. Este conjunto de ventajas impacta significativamente los flujos de los proyectos al permitir la gestión de estados de pago de forma más rápida, lo que implica un incremento de la Tasa Interna de retorno y el valor actual neto de flujos futuros de estos para las empresas constructoras. Para empresas inmobiliarias, los acortamientos de plazos en las entregas implican una anticipación del retorno de la inversión, esto se hace posible dada la anticipación en la recepción final de la obra respecto de una obra convencional, su consiguiente inscripción en el conservador de bienes raíces y pago de las unidades vendidas mediante los instrumentos públicos y privados a través de subsidios y créditos hipotecarios.

Es relevante considerar de todas formas, que los efectos de estas mejoras también dependen de los distintos niveles de industrialización que se hayan desarrollado, considerando que, a mayor nivel de industrialización, mayor será el efecto. Para caracterizar esto, se definen tres niveles de industrialización típicamente presentes en la construcción industrializada con madera.

1. **Elementos Lineales:** Son aquellos componentes de sistemas constructivos que corresponden únicamente a productos longitudinales, se pueden encontrar, vigas laminadas, pilares, vigas reticuladas, entre otros.
2. **Elementos Bidimensionales o paneles:** corresponden a sistemas constructivos que se enfocan en la elaboración de componentes constructivos que representan elementos de dos dimensiones, tales como, como entresijos, losas, muros, antepechos, entre otros.
3. **Elementos Tridimensionales o módulos,** corresponden a sistemas que incorporan varios elementos bidimensionales y lineales para conformar módulos armados, como recintos completos cerrados.

Cada uno de estos modelos se asocian también a un nivel de terminación, que son:

1. Obra Gruesa (40%-60%)
2. Semi - Terminado (60%-80%)
3. Terminado (80%-95%)

En general, existe una correlación lineal entre los tipos de elementos y su nivel de terminación, esto debido a su logística de transporte, requerimientos de protección y condiciones ambientales en el montaje.

Los elementos lineales tenderán a un nivel de obra gruesa, puesto a que son elementos como vigas, pilares y otros que no poseen sus revestimientos, se exceptúan los elementos de madera laminada, que en ocasiones son posibles de concebir como elementos de terminación.

Los elementos bidimensionales podrán situarse entre obra gruesa y semiterminados, dependiendo de la cantidad de trabajo incorporados al elemento, por ejemplo, la comparación entre la entrega de un panel estructural abierto por una cara en comparación con un panel estructural cerrado por ambas caras con instalaciones y aislamiento térmico incorporado.

Los elementos tridimensionales o modulares tienen su principal captura de valor mediante la integración vertical de la cadena de valor, considerando la incorporación de terminaciones, instalaciones completas, revestimientos, mobiliario y artefactos conectados a los servicios del módulo, dejando para las actividades de terreno la interconexión de estructuras e instalaciones, y la conexión con acometidas a servicios del terreno.

Para el interés introductorio de este proyecto, el principal alcance puede destacarse en la elaboración de sistemas bidimensionales de paneles. Presentándose tres alternativas para su desarrollo, en relación a su nivel de terminación.

REQUISITOS TÉCNICOS EN CONSTRUCCIÓN

A continuación, se realiza una caracterización de los principales requisitos que determinan las características técnicas de viviendas autorizadas en general. La relevancia de este punto radica en la definición del producto a comercializar, según lo que requiere este nicho de mercado.

El análisis es respecto a los requisitos técnicos específicos que pueden afectar en la definición del producto, no tomando en consideración características técnicas generales que afectan en forma indiferenciada a la amplia variedad de sistemas constructivos y proyectos de arquitectura.

Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones y normas técnicas (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2020)

Todas las edificaciones ejecutadas en el territorio nacional se ven regidas por las disposiciones de la Ley general de Urbanismo y construcciones y su apartado técnico, que es la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones. En esta ordenanza, se definen aspectos técnicos para las edificaciones según cinco Títulos que se organizan como sigue:

Tabla 14: Títulos en OGUC

Sección	Título
Título 1	Disposiciones Generales
Título 2	De la planificación
Título 3	De la Urbanización
Título 4	De la Arquitectura
Título 5	De la Construcción
Título 6	Reglamento especial de Viviendas Económicas

Los títulos en los que existe especial interés por su incidencia en la definición del producto corresponden a los 4, 5 y 6, a continuación, se revisarán los puntos específicos que delimitarán a este.

Título 4: de la arquitectura.

Capítulo 1 de las condiciones de habitabilidad.

En este capítulo, se definen ciertas condiciones para la habitabilidad en estructuras que definirán características de los elementos a construir. A continuación, se detallan.

4.1.1. Dimensiones de estructuras habitables. Define dimensiones mínimas de muros.

4.1.5 y 4.1.6 Exigencias acústicas, y métodos de validación. Definirá el desarrollo de paquetes constructivos que cumplan con dicha normativa.

4.1.10 Exigencias de acondicionamiento térmico. Permitirá definir la conformación de un paquete de aislamiento acústico de acuerdo con la zona en la que se está desarrollando un proyecto. También influirá en las superficies de ventanas máximas en paramentos verticales de envolvente según el tipo de ventana a instalar.

Título 5: De la construcción.

5.1.7 se establece la obligatoriedad de memorias de cálculo para el ingreso de proyectos, y define las excepciones en respecto a las tipologías que están exentas de este requerimiento.

5.3.1: se definen las tipologías de estructuras en donde se clasifica el tipo E para las estructuras de madera.

Título 6: Reglamento Especial de viviendas económicas.

Capítulo 4: De la Arquitectura

Establece características especiales para viviendas sociales para discapacidad

Capítulo 6 de los proyectos de viviendas integrados establece variaciones en las limitantes de PRC para permitir mayor densificación, esto puede afectar la arquitectura.

Los ítems que son posibles de modificar son:

1. Coeficiente de constructibilidad
2. Coeficiente de ocupación de suelo
3. Densidad Máxima
4. Altura máxima de edificación
5. Superficie de subdivisión mínima
6. Dotación de estacionamientos
7. Rasantes

Requisitos Técnicos específicos según programas habitacionales.

La normativa de construcción representa el marco general en el que se rigen todos los proyectos de edificación, sin embargo, los programas habitacionales buscan resolver problemáticas específicas dentro de la existencia de requerimientos habitacionales. Por lo tanto, los requisitos técnicos y administrativos pueden diferir entre programas, generando así modificaciones que son relevantes a la hora de desarrollar proyectos. Para poder sistematizar esta información, se desarrollará un resumen mediante un cuadro, que establezca estas características técnicas y administrativas.

Requisitos Técnicos D.S.01 para subsidio para sectores medios

D.S.01 corresponde a un programa habitacional que tiene por objetivo otorgar soluciones habitacionales a sectores medios, por medio de la entrega de un subsidio para la compra de una propiedad bajo la modalidad de compra individual, construcción propia o gestión de un comité de vivienda para el desarrollo de proyectos habitacionales. A este subsidio postulan núcleos familiares y el monto a subsidiar se entrega al postulante por medio de un instrumento de ahorro para la vivienda. A continuación, se presentan los estándares técnicos específicos para cada tramo del subsidio, que controlan las características arquitectónicas y programa de sus productos correspondientes.

Tabla 15: Estándar técnico de la vivienda y los proyectos habitacionales D.S.01.

Tramo de precio	Mínimo recintos de base en		Consideraciones especiales	Requisitos generales
	Edificación en extensión	Edificación en altura		
Tramo 1 y 2	En núcleo familiar de 3 o más integrantes, se considera al menos 2 dormitorios, 1 baño, comedor-estar-cocina.	1 dormitorio, 1 baño, Estar-comedor-cocina.	A1: espacios no habitables como doble altura contabiliza 50% de la superficie proyectada.	Todos los recintos deben contar con ventilación y luz natural.
	En núcleos de dos integrantes se deben considerar al menos los siguientes recintos: estar-comedor-cocina, dormitorio y baño	Superficie mínima 50 m ²	A2: Espacios semi - exteriores proyectado ya techados y con al menos 2 muros, como terrazas o cobertizos, contabiliza 50% de superficie.	
	<i>Se debe proyectar la ampliación de un dormitorio adicional.</i>	Se puede considerar Superficie útil o ampliaciones proyectadas que deben estar contenidas en la envolvente existente. Se debe adicionar logia en departamentos.	A3: Para espacios semi - exteriores para ampliación proyectada, techados, considera 25% de superficie.	
Tramo 3	Recintos mínimos: estar-comedor-cocina, dormitorio y baño	-	-	
Viviendas nuevas de proyectos habitacionales particulares	Se exigirá mínimo 3 recintos, un dormitorio, una sala de estar-comedor cocina, y un baño completo.	-	-	

Respecto de los materiales, se deben cumplir sistemas constructivos presentes en el itemizado técnico de construcción del ministerio de vivienda y urbanismo. A requerimiento específico de una región se podrá incorporar o modificar normas del itemizado respecto de esa región.

Requisitos Técnicos D.S.10 para programa de habitabilidad rural.

El programa de habitabilidad rural corresponde a un programa habitacional enfocado al mejoramiento de las condiciones de habitabilidad en localidades con menos de 5000 habitantes, la postulación a este subsidio puede ser

individual, con la posibilidad de construir, ampliar o mejorar viviendas, y grupal, con la construcción de pequeños conjuntos habitacionales que además tendrán por objetivo el mejoramiento o adición de equipamiento.

En los artículos 47 al 51 del programa de habitabilidad rural se establecen los requisitos técnicos para el diseño y construcción de viviendas enmarcadas en este programa. A continuación, se presenta una tabla resumen de los requisitos técnicos generales, sin contar los requisitos adicionales para viviendas de personas con movilidad reducida, que se podrán revisar en caso de realizar proyectos con esta característica (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2017).

Tabla 16: Estándar técnico de viviendas para programas de habitabilidad rural.

Superficie mínima	Con ampliación simultanea	Ampliaciones adicionales	Recintos mínimos		Adosamiento	Otros
			Regular	Núcleo reducido		
45 m ²	55 m ²	Dormitorio o estar-comedor: 9 m ² .	4 recintos. <i>Todos con luz natural y ventilación.</i>	3 recintos, distribuyendo áreas. <i>Todos con luz natural y ventilación.</i>	Se permite el Pareo mediante muros divisorios, pero no la superposición	Estos subsidios serán obligatorios en comunas con altos niveles de contaminación atmosférica. <i>*Estos subsidios serán obligatorios en comunas con altos niveles de contaminación atmosférica.</i>
		Baño: 3,2 m ² .				
		Cocina: 4 m ² .				

Adicionalmente, en estos artículos se hace referencia al cuadro normativo de habitabilidad rural, el cual es resumido en la siguiente tabla, en donde se presentan específicamente los requisitos para la construcción con madera en cada uno de los elementos tipo que se definen como muros estructurales, entrepisos y losas, techumbre y tabiques (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2016).

Tabla 17: Cuadro normativo, resumen.

Elemento	Preservación y Clasificación estructural	Requisitos para el cálculo y secciones.	Configuración del elemento		Requerimientos especiales
			Exterior	Interior	
Muros estructurales		Se considera sección efectiva del elemento, descontando cepillados y perforaciones. Distancia entre pies derechos ≤ 60 cm. Escuadría Mínima 2" x 3" por cálculo.	Debe considerar Barrera de vapor en toda la envolvente.	En zonas húmedas aplicar sellos impermeables entre elementos y compriband o similar bajo solera.	Debe considerar barrera corta termitas en comunas donde se hayan detectado.
Entrepisos y losas	Mínimo G2 o superior según determinación de cálculo por NCh 1198. Preservación según NCh 819	Se debe considerar sección efectiva del elemento, descontando cepillados y perforaciones de instalaciones. Escuadría según cálculo.	Pisos ventilados deben cumplir con transmitancia térmica según lo indicado en este estándar técnico.	-	Se debe considerar barrera de humedad en elementos apoyados en hormigón. Vanos de escalas con misma encuadría de envigados principales.
Techumbre			Cubiertas y revestimientos instalados según indicaciones de fabricantes.		-
Tabiques	No requiere de clasificación estructural. Impregnación según nivel de riesgo establecido en NCh 819	Sección mínima 2"x2".	-	-	-

Requisitos Técnicos D.S.49: Fondo solidario de elección de la vivienda

El fondo solidario de elección de la vivienda nace de la necesidad de ofrecer soluciones habitacionales que permitan resolver condiciones de habitabilidad subestándares, como la existencia de núcleos hacinados, allegamiento, o estado de viviendas irrecuperables. Los beneficiarios de este programa son hogares que se encuentren hasta el cuarto decil del registro social de hogares, y para ser beneficiario, se debe contar con una cuenta de ahorro para

la vivienda con un año de antigüedad, y un ahorro de 4 UF, siendo el único pago que el postulante deberá hacer para la obtención de la vivienda.

Los requisitos técnicos y arquitectónicos específicos para este programa se encuentran descritos en los artículos comprendidos entre el 42 y 46 del decreto, conociéndose así las principales restricciones de diseño para los proyectos. A continuación, se tabulan los principales (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2020).

Tabla 18: Estándar técnico de la vivienda y proyectos habitacionales D.S.49

Base	Superficie mínima		Recintos mínimos		Adosamiento
	Con ampliación simultánea	Ampliaciones adicionales	Base	Núcleos reducidos	
45 m ²	55 m ²	Dormitorio o estar-comedor: 9 m ² . Baño: 3,2 m ² . Cocina: 4 m ² .	4 recintos. Debe contar con logia en caso de edificio <i>*salvo en primer piso con patio de goce exclusivo.</i>	3 recintos, cumpliendo cuadro de espacios de usos mínimos. superficie mínima de 50 m ² . Debe contar con logia en caso de edificio <i>*salvo en primer piso con patio de goce exclusivo.</i>	Permitido pareo y edificación en altura según PRC.
			Debe contar con ampliación proyectada hasta alcanzar 3 dormitorios (no aplica edificio).		
			Todos con luz natural y ventilación.		

Complementariamente se hace referencia a la tabla de espacios de usos mínimos, que define, las dimensiones de los recintos, anchos de espacios de circulación, espacios al costado de muebles, entre otros (Ministerio de Vivienda y Urbanismo, 2017).

PLAN DE DESCONTAMINACIÓN AMBIENTAL DE LA REGIÓN DEL MAULE

Comunas de Maule y Talca

Comunas de Maule y Talca en D.S. de 2010 se consideran saturadas, esto implica que los proyectos inmobiliarios y urbanísticos deben pasar por el sistema integrado de evaluación de impacto ambiental según lo estipulado en la ley de bases generales de medio ambiente. En consecuencia, para la aprobación de los proyectos, estos deben cumplir con las reglamentaciones específicas declaradas en los planes de descontaminación ambiental correspondientes.

El plan de descontaminación ambiental de las comunas de Maule y Talca, exigen una compensación del 120% de las emisiones generadas por los proyectos de edificación nuevos si estos generan más de 1 ton de MP al año (Ministerio del Medio Ambiente, 2016). Lo anterior, obliga a los desarrolladores a incrementar los gastos asociados a la compensación de la contaminación o daño ambiental a través de los proyectos de mitigación.

Es posible, que, para la medición y determinación de proyectos de construcción en madera, estos gastos se vean reducidos, cuando a partir de una buena gestión de proyecto, sumada a la característica intrínseca del material, se puedan reducir considerablemente las emisiones generadas por los proyectos.

REQUISITOS ESTRUCTURALES

A Continuación se detallarán los requisitos de diseño estructural que definirán las dimensiones, métodos de fijación y anclaje, y cuantías de los elementos constructivos que conforman el sistema, para poder ser aplicados al producto que se definirá en la siguiente sección.

NCh1198:2014 - Madera - Construcciones en madera - Cálculo.

Contiene los métodos y procedimientos de diseño estructural que determinan las condiciones mínimas que deben cumplir los elementos y las uniones en las construcciones de madera aserrada, elaborada, laminada-encolada y postes de madera.

Corresponde a una norma de diseño, eso quiere decir que desde esta norma se indican como deben ser las verificaciones de cálculo para asegurar que los elementos de madera son resistentes a las cargas que la solicitan y que cumplen con requisitos de nivel de deformación.

NCh433:1996 Mod 2009 - Diseño sísmico de edificios.

Esta norma de análisis establece los requisitos sísmicos para edificaciones, incluyendo parámetros dinámicos específicos para estructuras de madera. Estos requisitos son fundamentales para el proceso de diseño y verificación estructural. A través de este diseño, se detallan las configuraciones necesarias para cada cercha y panel, tanto en muros como en pisos. De esta manera, se definen variables relevantes para la fabricación de cada panel, como la alineación de pies derechos y soleras, la cantidad de pies derechos en el borde y su distribución a lo largo de cada panel.

Special Design Provisions for Wind & Seismic (SDPWS-2015).

La norma "Special Design Provisions for Wind & Seismic" (SDPWS) es un estándar técnico utilizado en Estados Unidos para el diseño de estructuras de madera ante cargas sísmicas y de viento. Su objetivo principal es proporcionar pautas detalladas y específicas para garantizar que las edificaciones sean seguras y resistentes ante eventos sísmicos y de viento, minimizando así el riesgo de daños estructurales.

La SDPWS establece requisitos para diversos aspectos del diseño y la construcción de estructuras de madera, incluyendo la selección de materiales, la configuración de los sistemas estructurales, las conexiones entre elementos, la distribución de cargas y la resistencia a fuerzas laterales generadas por viento y sismos. Además, la norma también aborda consideraciones específicas para diferentes tipos de edificaciones, como viviendas unifamiliares, edificios comerciales y públicos, entre otros.

Definición del producto

Una vez conocidos los requerimientos técnicos para la generación de proyectos de vivienda social correspondiente a los diversos programas habitacionales, es necesario definir los componentes específicos para generar el producto habitacional terminado. A continuación, a partir de los requisitos anteriores se muestra un cuadro que resume estos componentes considerando el campo de aplicación más desfavorable, para posteriormente entrar en la definición precisa de elementos que conforman esto componentes en formato de itemizado, el cual posteriormente será evaluado en costo para obtener precios unitarios normalizados que se puedan usar para su evaluación. Para efectos de determinación de soluciones se define el siguiente producto tipo:

"Edificio de 5 pisos habitacional Clase C en resistencia al fuego, dispuesto en zona térmica 4 de la región del Maule y en zona sísmica II".

Con esta definición entonces es posible acotar los datos técnicos específicos a cada componente de una edificación, para esto, se presenta en la siguiente tabla el resumen de requisitos para cada tipo de clase de componente según parámetros de fuego, de transmitancia térmica y acústica para cumplir con todo el compendio normativo antes presentado y para la zona climática definida

Tabla 19: Definición de componentes constructivos.

Clase	Subclase	Resistencia al fuego ^[1]	U ^[2] [W/m ² K]	Índice de reducción acústica
Muro	Muro Perimetral	F60	1,7	-
	Muro Divisorio	F60	1,7	45 dB
	Muro de Caja de Escala	F90	1,7	-
	Muro Interior seco	F30	-	-
	Muro Interior húmedo	F30	-	-
Entrepiso	Piso Ventilado	F60	0,6	-
	Entrepiso	F60	0,6	45 dB
	Losa de coronación	F60	0,38	-
Techumbre	Cercha	F30	-	-
	Panel de cubierta	F30	-	-

Adicionalmente, si se considera el plan de descontaminación ambiental para las comunas de Talca y Maule dada su declaración de zona saturada, se ajustan los valores para su transmitancia térmica, quedando como sigue.

Tabla 20: Definición de componentes ajustada a exigencias adicionales PDA (Ministerio del Medio Ambiente, 2016)

Clase	Subclase	Resistencia al fuego	U [W/m ² K]	Índice de reducción acústica
Muro	Muro Perimetral	F60	0,8 ^[3]	-
	Muro Divisorio	F60	0,8 ^[3]	45 dB
	Muro de Caja de Escala	F90	0,8 ^[3]	-
	Muro Interior seco	F30	-	-
	Muro Interior húmedo	F30	-	-
Estructuras Horizontales	Piso Ventilado	F60	0,6	-
	Entrepiso	F60	0,6	45 dB
	Losa de coronación	F60	0,38	-
Techumbre	Cercha	F30	-	-
	Panel de cubierta	F30	-	-

Se puede observar que al aplicar restricciones adicionales proporcionadas por el plan de descontaminación ambiental, la transmitancia térmica de los elementos de muro se ve reducida, lo que tendrá efecto sobre el espesor de la aislación térmica que se debe alcanzar.

Una vez definidos los parámetros de base para los componentes, se procede a detallar su itemizado técnico para la definición final de los productos de soluciones base propuestas. Para esto se tomó como referencia las soluciones técnicas ensayadas disponibles en la plataforma de asistencia al diseño "Diseña Madera" en donde a través de su búsqueda avanzada se seleccionaron los tipos de muros que cumplieran cada uno de los requerimientos expuestos en la tabla anterior.

[1] Es la resistencia a la propagación del fuego medida en minutos que toma al fuego pasar de una cara del componente a la cara opuesta, el criterio se define por el tiempo necesario para realizar una evacuación segura de la edificación.

[2] Corresponde a la transmitancia térmica admitida para un muro perimetral de acuerdo con la zona térmica determinada en la O.G.U.C.

[3] Valores ajustados por PDA Talca Maule

MUROS

Muro Perimetral

Capas (desde interior a exterior)	Descripción
Revestimiento interior	Yeso cartón estándar e=15 mm
Control de humedad	Barrera de vapor papel Kraft
Tablero arriostrante	OSB estándar 11,1 mm
Estructura	Pino estructural según cálculo Escudría 2"x 5" (41 mm x 114 mm).
Tablero arriostrante	OSB Housewrap 11,1 mm
Aislamiento térmico	Lana de Vidrio 11kg/m ³ e= 60 mm



Muro Divisorio

Capas (desde interior a exterior)	Descripción
Revestimiento interior	Yeso cartón estándar e=10 mm+ Yeso cartón Estándar E=15 mm
Control de humedad	Barrera de vapor papel Kraft
Tablero arriostrante	OSB estándar 11,1 mm
Estructura	Pino estructural según cálculo Escudría 2"x 5" (41 mm x 114 mm).
Tablero arriostrante	OSB estándar 11,1 mm
Control de humedad	Barrera de vapor papel Kraft
Revestimiento interior	Yeso cartón estándar e=10 mm+ Yeso cartón Estándar E=15 mm
Aislamiento térmico	Lana de Vidrio 11kg/m ³ e= 60 mm



Muro de caja de escala

Capas (desde interior a exterior)	Descripción
Revestimiento interior	Doble Yeso cartón RF e=15 mm
Control de humedad	Barrera de vapor papel Kraft
Tablero arriostrante	OSB estándar 11,1 mm
Estructura	Pino estructural según cálculo escudría 2"x 5" (41 mm x 114 mm).
Tablero arriostrante	OSB estándar 11,1 mm
Aislamiento térmico	Lana de Vidrio 11kg/m ³ e= 60 mm
Revestimiento exterior	Doble Yeso cartón RF e=15 mm



Muro interior seco

Capas (desde interior a exterior)	Descripción
Revestimiento interior	Yeso cartón estándar e=10 mm
Control de humedad	Barrera de vapor papel Kraft
Estructura	Pino estructural según cálculo Escudría 2"x 3" (41 mm x 65 mm).
Aislamiento térmico	Lana de Vidrio 11kg/m ³ e= 60 mm
Revestimiento interior	Yeso cartón estándar e=10 mm



Muro Interior húmedo

Capas (desde interior a exterior)	Descripción
Revestimiento interior	Yeso cartón RH e=12,5 mm
Control de humedad	Barrera de vapor papel Kraft
Estructura	Pino estructural según cálculo Escudría 2"x 3" (41 mm x 65 mm).
Aislamiento térmico	Lana de Vidrio 11kg/m ³ e= 60 mm
Revestimiento interior	Yeso cartón estándar e=12,5 mm



ESTRUCTURAS HORIZONTALES

Piso Ventilado

Capas (Superior a inferior)	Descripción
Revestimiento superior	Doble Terciado estructural 15 mm
Barrera Acústica	Impactodan 6 mm
Tablero arriostrante	Terciado estructural 15 mm
Estructura	Pino estructural según cálculo Escudría 2"x 8" (41 mm x 185 mm).
Estructura secundaria	OSB estándar 11,1 mm
Control de humedad	Estructura de 20 x 41 @400 mm
Revestimiento inferior	Yeso cartón estándar e=10 mm+ Yeso cartón Estándar E=15 mm
Aislamiento térmico	Lana de Vidrio 11kg/m ³ e= 60 mm



Entrepiso

Capas (desde interior a exterior)	Descripción
Revestimiento interior	Yeso cartón estándar e=10 mm+ Yeso cartón Estándar E=15 mm
Control de humedad	Barrera de vapor papel Kraft
Tablero arriostrante	OSB estándar 11,1 mm
Estructura	Pino estructural según cálculo Escudría 2"x 8" (41 mm x 185 mm).
Tablero arriostrante	OSB estándar 11,1 mm
Control de humedad	Barrera de vapor papel Kraft
Revestimiento interior	Doble Yeso cartón estándar e=15 mm.
Aislamiento térmico	Lana de Vidrio 11kg/m ³ e= 60 mm



Losa de coronación

Capas (desde interior a exterior)	Descripción
Revestimiento interior	Yeso cartón estándar e=10 mm+ Yeso cartón Estándar E=15 mm
Control de humedad	Barrera de vapor papel Kraft
Tablero arriostrante	OSB estándar 11,1 mm
Estructura	Pino estructural según cálculo Escudría 2"x 5" (41 mm x 114 mm).
Tablero arriostrante	OSB estándar 11,1 mm
Control de humedad	Barrera de vapor papel Kraft
Revestimiento interior	Yeso cartón estándar e=10 mm+ Yeso cartón Estándar E=15 mm
Aislamiento térmico	Lana de Vidrio 11kg/m ³ e= 60 mm



Techumbre

Cercha

Materiales	Descripción	
Elementos estructurales	Pino Estructural según cálculo 2" x 8" (41 mm x 185 mm)	
Elementos de Unión	Placa dentada 6" x 3"	

<https://www.hundegger.com/es-es/anwendungen/cerchas-con-placas-dentadas>

Panel de cubierta

Capas (desde interior a exterior)	Descripción	
Cara superior	OSB Housewrap 11,1 mm	
Estructura	Pino estructural 2" x 2" (41mm x 41mm)	

MODELO DE PLANTA INDUSTRIALIZADORA

Para la implementación de proyectos de construcción industrializada con madera que cumplan con los requisitos mencionados anteriormente, se ha diseñado un modelo de planta de fabricación. Este modelo permite calcular el nivel de productividad de la planta, proporcionando información relevante sobre la cantidad de paneles que pueden ser elaborados en un periodo de tiempo determinado. A partir de este análisis, se pueden identificar variables económicas clave, como el costo operativo de la planta y su capacidad para entregar soluciones constructivas.

Es fundamental comprender estas variables, ya que nos permiten determinar la eficacia de la planta y garantizar que las soluciones constructivas se mantengan a un precio competitivo en comparación con otros materiales y de esta manera capturar una parte del mercado de la demanda de viviendas.

Vale mencionar, que el modelo de planta, su costo, implementación y operación se profundizará en el capítulo respectivo al informe técnico económico, resolviendo los supuestos que se presentan. A continuación, se presentan detalles generales de este modelo.

Sistema de Fabricación de Paneles:

El modelo propuesto se basa en la fabricación de paneles para una edificación de madera estructural de hasta 5 pisos. En este contexto, la composición, los recursos y el tiempo necesario para cada a la fabricación panel se estiman en función de la complejidad propia de cada panel según especificaciones técnicas. Por lo general, los muros de los primeros pisos tienden a ser más densos en elementos de madera debido a consideraciones de resistencia sísmica. Como resultado, es probable que exista variabilidad en el tiempo necesario para elaborar cada panel.

Es importante destacar que, aunque es probable que un edificio requiera paneles de muro y piso de diferentes longitudes, es común que las plantas de fabricación optimicen el uso de recursos al producir paneles que aprovechan al máximo la capacidad de longitud de su línea de producción. Esta capacidad suele estar determinada por el tamaño de las mesas de trabajo y la capacidad de desplazamiento de las máquinas.

Para los fines de este estudio, se ha considerado una longitud de elaboración de 12 metros para cada panel (panel estándar). Esto permite la posibilidad de obtener paneles de dimensiones más pequeñas mediante el corte del muro en partes más manejables, siempre maximizando el uso de la capacidad de las mesas de trabajo.

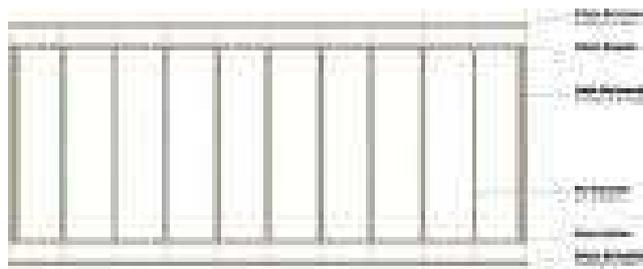


Ilustración 4: Ejemplo de panel de muro, elaboración propia

Operaciones de fabricación de paneles:

Para establecer el modelo de planta y las operaciones en la cadena de producción de los paneles, se realizaron estudios comparativos de plantas tanto nacionales como internacionales. Se analizaron desde instalaciones completamente manuales, como la fábrica de Timbeco Woodhouse (www.timbecomodular.com), hasta complejas instalaciones automatizadas, como las de Randek (www.randek.com).

Tras evaluar las capacidades de estas empresas, se determinó que un modelo de planta adecuado dentro de los alcances de las capacidades locales sería aquel que predominara en procesos manuales, con la automatización limitada a operaciones específicas mediante maquinaria robótica.

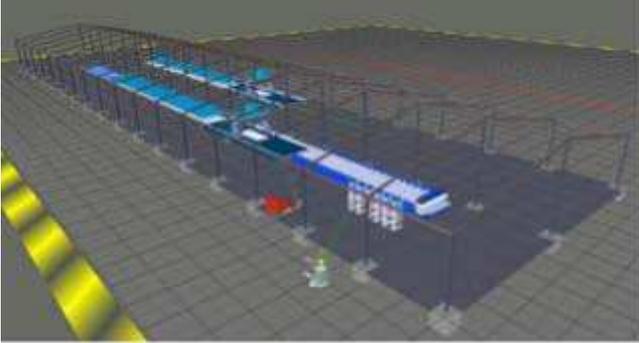


Ilustración 5: vista en perspectiva de planta preliminar modelada

Las operaciones involucradas en la cadena de producción son las siguientes.

1. Dimensionado
2. Ensamblaje chasis
3. Clavado 1° placa
4. Volteado
5. Habilitación
6. Clavado 2° placa

1. **Dimensionado:** Durante esta etapa los listones de madera son cortados mediante Ingleteadora según las indicaciones de las especificaciones técnicas. Estos elementos dimensionados serán posteriormente utilizados para conformar el esqueleto estructural de los paneles de muro y piso.
2. **Ensamblaje chasis:** Conjunción de los elementos dimensionados según indicaciones en planos. El chasis es armado en una mesa de trabajo mediante operadores. Los elementos son clavados para conferir la firmeza que se requiere para que el panel funcione estructuralmente según diseño.
3. **Clavado 1° placa:** Cada chasis debe ser rigidizado mediante el uso de placas arriostres. Estas pueden ser placas de terciado u OSB. La instalación de estos, así como su patrón de clavado hacia el chasis están indicados según las especificaciones técnicas de cada muro.

En esta etapa es considerado el uso de la única maquinaria robótica. Se considera una CNC dada la meticulosidad que se requiere para ejecutar el patrón de clavado de manera correcta sin perjudicar el material.

4. **Volteado:** Durante esta etapa, se utiliza una mesa volteadora, que no tiene otra función más que invertir la posición de los paneles para permitir el trabajo al interior del chasis para la siguiente etapa.

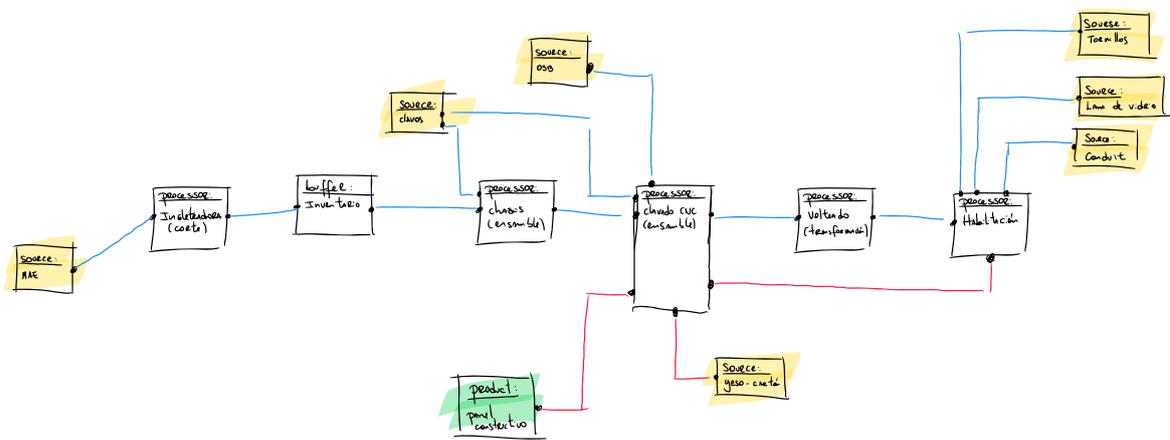


Ilustración 6: esquema preliminar de desarrollo de la planta

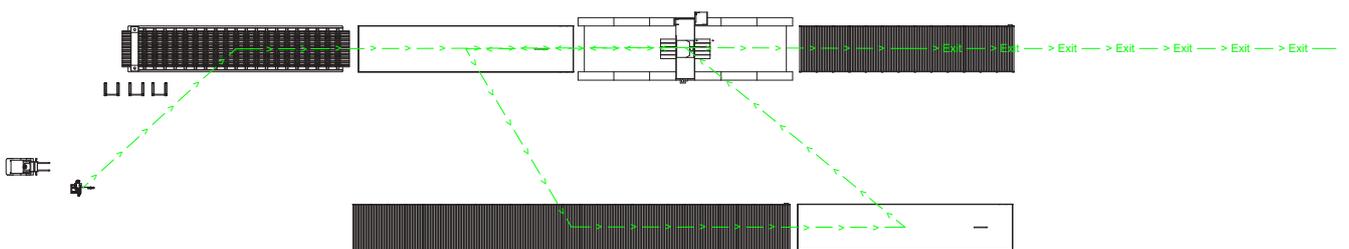


Ilustración 7: layout de planta preliminar

5. **Habilitación:** Dentro de las configuraciones de los paneles existen especificaciones técnicas referidas al nivel de habitabilidad que deben permitir los paneles. Esto está referido al confort higrotérmico y acústico, el cual normalmente se logra mediante la incorporación de capas aislantes como lana de vidrio o espumas.

Adicionalmente en esta etapa se realizan perforaciones para incorporar instalaciones sanitarias y/o eléctricas.

Esta etapa es realizada manualmente mediante operadores especializados en la incorporación de los elementos sanitario, eléctricos y de aislación.

6. **Clavado 2° placa:** En panel a esta altura ya se encuentra con prácticamente todos sus elementos y solamente falta clavar la placa restante que termina por cerrar completamente el panel. Una vez más el trabajo acá es realizado por la misma máquina CNC debido a la delicadeza que se requiere para bien realizar la operación.

Modelación de operaciones

Se busca realizar una modelación del funcionamiento de la planta propuesta con el objetivo de determinar dos variables decisivas. El nivel de capacidad de la planta, referido a cuantos paneles (o metros cuadrados) pueden ser elaborados en un periodo de tiempo. La segunda variable es determinar los costos que involucra la operación de la planta, con el objetivo de poder determinar los valores con los que las soluciones constructivas de madera pueden competir contra los otros materiales para capturar parte de la demanda.

Para llevar a cabo esta modelación, se determinan el tiempo y el costo de trabajo para cada una de las siete operaciones que conforman el flujo de la cadena de producción.

El tiempo de trabajo en cada operación es un parámetro variable que depende del nivel de complejidad de cada panel. Por lo tanto, es de esperar que los paneles más simples requieran menos tiempo que aquellos que presenten una mayor complejidad.

La complejidad de cada panel está principalmente determinada por la cantidad de pies derechos que contiene. Esto significa que paneles de la misma longitud y altura pueden requerir diferentes tiempos de trabajo debido a la cantidad de elementos que conforman la estructura del panel. En consecuencia, es de esperar que los paneles con una mayor densidad de pies derechos requieran más tiempo de trabajo.

Para lograr esto, se emplearán herramientas estadísticas para recopilar datos sobre el tiempo requerido para la fa-

bricación de cada panel, así como para analizar la distribución del tiempo de espera de los recursos y elaboración en la línea de producción.

Distribuciones y tasas de operación:

Con el fin de caracterizar de manera fidedigna el comportamiento promedio de la planta, se ha establecido que las distribuciones y parámetros que definen la fabricación de un panel estándar de 12 m, ya que como se comentó anteriormente, corresponde al largo óptimo para la utilización de la mesa de trabajo en su longitud completa.

Dimensionado:

Para la etapa de dimensionado, se ha reconocido que los tiempos asociados a esta actividad presentan baja variabilidad. Para controlar esta baja variabilidad, se ha definido una **distribución normal** recortando sus valores extremos, con tal de caracterizar la natural y pequeña variabilidad de esta etapa.

A continuación, se detallan los cálculos de los parámetros de las tres distribuciones de tiempos de servicio específicas para cada tipo de panel.

$$\mu = 45 \frac{\text{minutos}}{\text{panel}}$$

Por último, se ha definido una desviación de los tiempos independiente al tipo de muro equivalente a:

$$\sigma = 15 \text{ minutos}$$

Carro de Transporte:

El traslado de las piezas desde la mesa de dimensionado hasta la siguiente etapa se lleva a cabo mediante un carro de transporte, encargado de llevar las piezas dimensionadas hacia la mesa de armado de chasis del panel. Esta operación puede ser representada mediante una distribución uniforme, con una media de 4 minutos por traslado, calculados desde la llegada de la última pieza de un panel hasta su entrega en la siguiente etapa. En este contexto, se ha establecido un rango de tiempo para la distribución, abarcando desde 3 hasta 5 minutos, como parámetros de referencia.

$$\mu_{\text{servicio}} = 4 \frac{\text{minutos}}{\text{panel}}$$

$$\text{Rango} = [3,5]$$

Ensamblaje Chasis:

Se ha considerado utilizar una **distribución normal** con valores extremos recortados para limitar la variabilidad de los tiempos.

Así, el tiempo de servicio para cada tipo de panel, dado que cada uno presenta distinto número de pies derechos

$$\mu_{servicio} = 35 \frac{\text{minutos}}{\text{panel}}$$

$$\sigma = 25 \text{ minutos}$$

Clavadora CNC:

Por la naturaleza variable de la actividad y el funcionamiento de la máquina, se decidió modelar su comportamiento como una **distribución normal con acotado por un σ** .

La tasa de servicio promedio para los distintos paneles en función de su complejidad resulta:

$$\mu_{servicio} = 45 \frac{\text{minutos}}{\text{panel}}$$

$$\sigma = 5 \text{ minutos}$$

Volteado:

En relación con la volteadora, esta etapa no exhibe una variabilidad significativa y no depende de la complejidad da cada panel. Su naturaleza permite que sea modelada mediante una **distribución uniforme**, de rango [8, 10] minutos, obteniendo una media de 9 minutos por panel:

$$\mu_{servicio} = 9 \text{ minutos}$$

$$\text{Rango} = [8,10]$$

Habitación:

Según la experiencia, esta etapa demora en promedio 45 minutos por panel, independientemente del tipo de panel. Dada su baja variabilidad, su comportamiento se modela mediante una **distribución normal** con una desviación estándar $\sigma=5 \text{ minutos}$ recortando los extremos para excluir valores alejados de la media.

$$\mu_{servicio} = 45 \frac{\text{minutos}}{\text{panel}}$$

$$\sigma = 10 \text{ minutos}$$

Tabla 21: Resumen de duración de fases de producción.

Etapa	Parámetros	Distribución
Dimensionado	$\mu = 45 \frac{\text{minutos}}{\text{panel}}; \sigma = 15 \text{ min}$	Normal con acotado por un σ
Carro Transporte	$\mu = 4 \frac{\text{minutos}}{\text{panel}}; \text{Rango} = [3,5]$	Uniforme
Mesa de Armado Chasis	$\mu = 35 \frac{\text{minutos}}{\text{panel}}; \sigma = 25 \text{ min}$	Normal con acotado por un σ
Clavadora CNC	$\mu = 45 \frac{\text{minutos}}{\text{panel}}; \sigma = 5 \text{ min}$	Normal con acotado por un σ
Volteadora	$\mu = 9 \frac{\text{minutos}}{\text{panel}}; \text{Rango} = [8,10]$	Uniforme
Habitabilidad	$\mu = 45 \frac{\text{minutos}}{\text{panel}}; \sigma = 10 \text{ minutos}$	Normal con acotado por un σ

COSTOS DE OPERACIÓN

Costos energéticos

El consumo energético de la planta no es excesivo dado que, tal como fue diseñada, esta para funcionar mayoritariamente de manera manual. El consumo energético entonces se puede atribuir al uso de la maquinaria robótica CNC y operaciones rutinarias de iluminación y oficina.

Para cubrir esta demanda energética se plantea el uso de un generador a gasolina. Se estima un consumo de gasolina por un promedio de \$ 2.500.000 mensualmente, equivalente a \$ 15.625 por hora dentro de una jornada laboral.

Personal de planta

El personal de planta corresponde a los operarios fijos en cada estación de la cadena de producción. Estos son los encargados de todo el proceso de elaboración de cada panel según las especificaciones técnicas. Adicionalmente, se considera personal extra para labores de mantenimiento de las herramientas y maquinas. Esta labor es indispensable para asegurar el correcto y continuo funcionamiento de la planta y sus operaciones.

En la tabla a continuación se muestra el personal considerado en el modelo de planta y los costos estimados a cada operario.

Tabla 22: Costos de personal para la industria

Estacion	Personal Requerido	Sueldo Bruto	Total	\$/hr
Dimensionadora	2	\$1.000.000	\$2.000.000	\$12.500
Ensamblado Chasis	2	\$1.000.000	\$2.000.000	\$12.500
Clavadora CNC	2	\$1.000.000	\$2.000.000	\$12.500
Habilitacion	4	\$1.000.000	\$4.000.000	\$25.000
Tecnico Mantenimiento	1	\$900.000	\$900.000	\$5.625

Personal oficina técnica

El personal de oficina técnica es el encargado de gestionar los proyectos y programar la elaboración de los paneles en la planta. Este requiere ser personal calificado para el uso de herramientas de informática y entendidos en los sistemas constructivos en madera que la planta elabora.

En la tabla siguiente se muestra el personal considerado para manejar la oficina técnica.

Tabla 23: Costos de personal de oficina técnica

Oficina	Personal Requerido	Sueldo Bruto	Total	\$/hr
Jefe de Oficina	1	\$1.000.000	\$1.000.000	\$6.250
Profesional de Oficina	2	\$1.000.000	\$2.000.000	\$12.500
Jefe de Planta	1	\$1.000.000	\$1.000.000	\$6.250

Adicionando estos costos se obtiene que el costo por hora de trabajo en jornada laboral de la planta es de 108.750 \$/hr.

Tabla 24: resumen de costo horario de operación de la industria

Oficina	\$/hr
Energia	\$15.625
Personal Planta	\$68.125
Personal Oficina	\$25.000
Total	\$108.750

Resultados de modelación

El funcionamiento de la planta fue modelado mediante el programa ProModel, programa especializado en simulación de eventos discretos, utilizando las variables de tiempo de operación e ingresando el costo por hora del funcionamiento de la planta, ambos descritos anteriormente.

El programa determina la capacidad de producción de paneles estándar de 12 m. El resultado arrojó que la planta propuesta es capaz de producir 24 paneles semanales. Los cuales, considerando el tamaño promedio de viviendas sociales, entre 65 y 75 m², se traduce en que la planta es capaz de producir 160 unidades al año.



CASO DE ESTUDIO INTERNACIONAL

A modo de ejemplo y para iniciar las evaluaciones se presenta un caso estudiado en donde se puede observar la rentabilidad de proyectos de construcción a incorporar sistemas industrializados, en este caso con madera masiva. Se presenta caso internacional en donde la optimización de las actividades de obra para edificios de similares características en distintas materialidades ha otorgado un nivel destacable para la construcción industrializada con madera, permitiendo la competitividad respecto de los indicadores de inversión mencionados anteriormente. A continuación, se muestra resultados de un análisis de competitividad de sistemas desarrollado por el National Research Council of Canada para 4 sistemas constructivos, dentro de los cuales se analizarán dos que son de interés para este ejemplo, el edificio en madera masiva, y el edificio en hormigón armado (Hanscomb Ltd., 2017).

Costos de construcción en dólares canadienses (CAD) para un edificio de 12 pisos con planta de 6.000 m²

Tabla 25: Comparación de costos de edificio tipo en materialidades (Hanscomb Ltd., 2017).

Ítem	Madera masiva	Hormigón armado
Elementos Comunes	\$CAD189.267.400	\$CAD189.267.400
Elementos Estructurales	\$CAD 20.833.500	\$CAD 26.289.000
Total, Estimación de Costo neto	\$CAD 210.100.900	\$CAD 215.556.400

Una vez realizada la comparación de los costos de cada proyecto, se puede establecer la diferencia porcentual en costo.

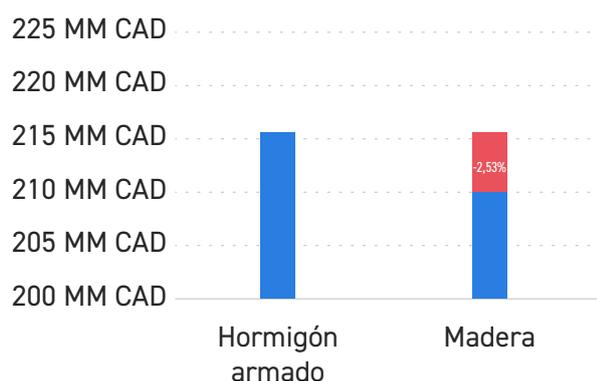


Gráfico 1: Diferencia de costo entre materialidades.

Posteriormente, se observa la diferencia en la duración de tareas específicas de la obra, y se identifican aquellas que poseen variaciones significativas entre las diferentes soluciones constructivas.

Tabla 26: Duración de los respectivos proyectos

Actividad	Madera Masiva	Hormigón Armado
Subestructura	86 días	86 días
Estructura	174 días	371 días
Cierre Exterior	206 días	290 días
Actividades interiores y terminaciones	274 días	383 días
FF&E	120 días	120 días
M&E	264 días	358 días
Obras Exteriores	120 días	120 días
Tiempo Total	505 días	635 días

A partir de la duración de los proyectos y sus respectivas actividades, se puede generar una programación financiera, a partir de la cual se elaboran los flujos de caja respectivos para ambos proyectos, esto tiene como fin la identificación de indicadores de inversión típicos, que son el VAN y el TIR. Se utiliza como supuesto la tasa interna de retorno del mercado inmobiliario de 2023 que ronda el 5,68% Anual.

Tabla 27: comparación de resultados FCL.

Parámetros	Resumen	
	Madera masiva	Hormigón armado
Costo	210.100.900 CAD	215.556.400 CAD
Utilidad	6,00%	
Anticipo de Obra	30,00%	
Tasa de descuento Bimestral	0,95%	
Boleta de garantía	40,00%	
Periodos Bimestrales	9	11
VAN Constructora	6.041.102 CAD	5.784.041 CAD
TIR Constructora	1,91%	1,82%
Utilidad Neta	12.606.054 CAD	12.933.384 CAD
Precio Neto	222.706.954 CAD	228.489.784 CAD

En relación con la evaluación financiera realizada para las obras de construcción del edificio, ejecutadas tanto en hormigón armado como en CLT, se observa que ambas opciones son viables. Esta conclusión se basa en la obtención de resultados positivos en el valor actual neto (VAN) y en una tasa interna de retorno (TIR) que supera al VAN, lo que resalta la rentabilidad y competitividad de ambas alternativas.

Existen factores relevantes de analizar, en relación con las ganancias en tiempos de operación para un proyecto

ejecutado con sistemas industrializados en madera.

En primer lugar, el hecho de preparar toda la superestructura off-site, permite generar un paralelismo en las labores de construcción de elementos que se instalan superpuestos, muros entrepisos y otros elementos de niveles sucesivos, se pueden ir fabricando y completando cuando aun se están realizando excavaciones, fundaciones y otros, de modo de que cuando la fundación ya se encuentra correctamente ejecutada, el tiempo requerido para erigir la estructura es muy rápido, permitiendo completar grandes superficies de construcción en tiempos muy inferiores respecto de la construcción tradicional con hormigón.

Segundo, las instalaciones (o al menos sus canalizaciones ya se encuentran incorporadas en los panees y elementos, quedando para actividad de obra solamente la gestión relacionada con la conexión de estas instalaciones entre paneles y el cableado para el caso de instalaciones eléctricas y corrientes débiles.

Tercero, la seguridad en la obra se ve incrementada. A pesar de que se produce un aumento de movimiento de cargas en suspensión, se evitan grandes despliegues operacionales para ejecutar faenas en obra gruesa, como lo son el ciclo de enfierradores, montajistas e instaladores de servicios trabajando en simultaneo para llegar a tiempo al proceso de hormigonado, transitando por estructuras provisionarias como lo son moldajes y encofrados. O las maniobras de hormigonados de muros.

Cuarto, simplificación logística. Estos sistemas se pueden preparar para no requerir de grandes cantidades de estructuras auxiliares como andamios, alrededor de toda la edificación, eliminando gran parte de dichas faenas complementarias.

Quinto, condiciones ambientales. Las condiciones de operación en seco reducen la polución, ruido ambiental, tránsito de vehículos en la faena, además de la captura de carbono asociada a construir con estructura de madera.

Todo lo anterior, permite una mejor gestión de los recursos, reducción de plazos, costos complementarios, financieros, gastos generales, etc. Impactando así en la rentabilidad de los negocios de construcción.

No obstante, es importante destacar que lograr mejoras significativas en la gestión de obra implica un nivel de preparación importante, especialmente a través de la digitalización de la gestión de obra mediante metodología BIM y aplicación de mecanismos de planificación efectivos con una cultura organizacional responsable y desarrollada. Este enfoque no solo apunta hacia un cumplimiento efectivo de los programas de montaje y la calidad de los productos, tanto en fábrica como en el sitio, sino que también subraya la importancia de un control de obra en te-

rreno. Además, la integración temprana de los diversos actores involucrados en el desarrollo y ejecución del proyecto emerge como un factor de importancia, aspecto que será abordado con mayor profundidad más adelante.

COMPETITIVIDAD DEL SISTEMA INDUSTRIALIZADO EN MADERA

A continuación, se realizará una comparativa de precios [UF/m²] entre un caso real de viviendas sociales DS19 construidas en la comuna de La Florida por la empresa EBCO y el mismo edificio materializado de manera industrializada mediante panelizado de entramado ligero en madera. Se tendrán en cuenta los requisitos de arquitectura, relacionados con condiciones higrotérmicas y acústicas, así como los requisitos estructurales, que abarcan condiciones de diseño y verificación sísmica del edificio.

Una vez desarrollado el proyecto, se planificará la elaboración de los paneles utilizando el modelo de planta industrial descrito anteriormente. También se considerarán las tareas de transporte y montaje del sistema panelizado para capturar el efecto esperado de ahorro en tiempo y costos de construcción asociados a este tipo de proyectos industrializados.

El objetivo es demostrar que un sistema industrializado es más competitivo y por ende tiene mejor oportunidad de capturar parte de la demanda por viviendas en comparación a otros materiales



Ilustración 8: Edificio modelado en hormigón armado

A continuación, se realiza la evaluación del costo de construcción de 5 proyectos inmobiliarios de D.S.19 y D.S.49 para conocer el costo de la edificación [UF/m²] y se tomó como referencia uno de estos proyectos, el cual posteriormente fue reestructurado a través de una modelación mediante software de modelamiento CADWORK en sistema marco plataforma para luego cuantificar elementos constructivos de muro, entrepiso, losa de coronación y cubiertas, en sus distintas categorías.

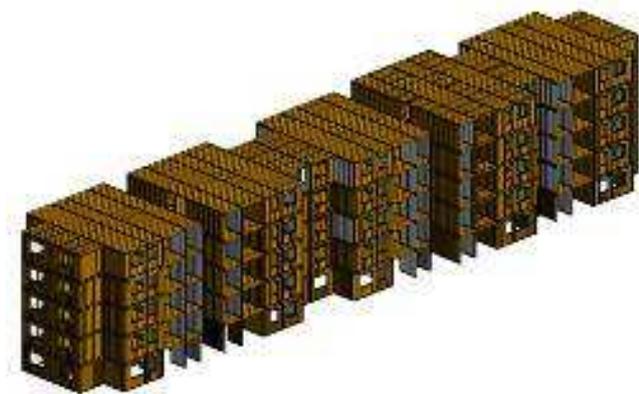


Ilustración 9: Edificio convertido a entramado ligero, Elaboración propia

Una vez realizada la cubicación, realizando su correspondiente optimización de material, se realiza la evaluación de costos de la planta industrializadora, para los elementos cuantificados, se adicionan gastos de operación y utilidades. Se realiza el análisis de los costos materiales directos para cada solución, el costo de mano de obra de la planta, los costos indirectos asociados a mantenimiento, logística y servicios, costo de traslado, costo de montaje costo de conexiones y fijaciones de las soluciones constructivas, a ello se le aplican gastos generales de oficina técnica, Ingeniería, administración y las utilidades del producto industrializado. Toda esta información consolidada, corresponde al precio de venta de la solución industrializada que pagará la empresa constructora.

Una vez realizada la cubicación, realizando su correspondiente optimización de material, se realiza la evaluación de costos de la planta industrializadora, para los elementos cuantificados, se adicionan gastos de operación y utilidades. Se realiza el análisis de los costos materiales directos para cada solución, el costo de mano de obra de la planta, los costos indirectos asociados a mantenimiento, logística y servicios, costo de traslado, costo de montaje costo de conexiones y fijaciones de las soluciones constructivas, a ello se le aplican gastos generales de oficina técnica, Ingeniería, administración y las utilidades del producto industrializado. Toda esta información consolidada, corresponde al precio de venta de la solución industrializada que pagará la empresa constructora.

Paralelamente, se realizó un análisis de las actividades de obra que serían incorporadas a la fabricación y montaje de paneles constructivos y con ello se realizó una programación de las labores de montaje, que luego fue incorporada a la planificación original del proyecto para reemplazar las actividades de obra correspondientes. Con esto se realiza la evaluación de las partidas de obra podían comenzar más temprano, de modo de impactar en la duración total del proyecto. Para efectos de estandarización, se modifica únicamente la duración de las partidas

de obra afectadas directamente por el cambio de sistema constructivo, manteniendo todo lo demás constante. Para las actividades de fabricación y montaje se consideró una utilidad después de costos y gastos de un 30% para efectos de cálculo.

A continuación, se presenta cuadro resumen de actividades que fueron incorporadas en la fabricación, eliminadas u optimizadas.

Tabla 28: Actividades ajustadas en presupuesto

Actividad	Estado
Enferraduras de Muros	Eliminada
Moldaje de muros	Eliminada
Hormigonado de Muros	Eliminada
Enferraduras de entrepisos	Eliminada
Moldaje de Entrepisos	Eliminada
Hormigonado de entrepisos	Eliminada
Fabricación Solución Madera	Agregada
Transporte Solución Madera	Agregada
Montaje Solución Madera	Agregada

Vale mencionar que los costos del resto de actividades de obra y de gastos generales se mantuvieron constantes para efectos de esta evaluación. Dentro de lo evaluado se consideran muros estructurales de sistema marco plataforma forrados por ambas caras según los sistemas detallados en Definición del producto.

En relación con los plazos de ejecución de faenas en terreno, al realizar la evaluación detallada de las labores de montaje, se determinó una reducción de plazos importante respecto de las actividades de obra gruesa relacionadas con la confección en obra de los elementos estructurales. (muros y losas). Pero para efectos de simplificación del ejercicio, se realizó el acortamiento de la carta Gantt solamente de las faenas relacionadas, generando una reducción del plazo de 65 días corridos que representan un 10% de reducción del plazo de ejecución. Todo esto impacta en los gastos fijos de obra, gastos generales, profesionales, entre otros. Cosos que de manera conservadora no fueron eliminados del presupuesto.

Finalmente, el costo evaluado para la solución constructiva en sistema marco plataforma en el proyecto completo es de **23,29 UF/m²**

Para realizar la comparación de costo por metro cuadrado, se tomó la superficie de construcción de cada uno de los cinco proyectos disponibles, y se dividió el costo total de cada proyecto según presupuesto en esa superficie, con esto, se obtienen los siguientes resultados:

Tabla 29: Valores de proyectos construcción tradicional

Proyecto	Precio neto por m ² [UF]	Ubicación
Proyecto la Florida	27,22 UF	Santiago
Proyecto Quilicura	31,05 UF	Santiago
Caminos del Aconcagua	28,43 UF	Santiago
Parque Machalí	18,15 UF	Rancagua
San Rafael	21,59 UF	Rancagua

A partir de lo anterior, es posible observar que realizando la comparación con el mismo proyecto, se obtienen valores unitarios más bajos, lo que impacta positivamente en el valor de la solución de edificación completa, haciéndola más atractiva para ser aplicada en soluciones habitacionales de subsidios como los mencionados anteriormente.

En relación con los demás proyectos consultados, se puede observar que hay valores mas bajos en regiones, que podrían ser explicadas por el menor precio del suelo y el desarrollo de edificios de menor altura, que requieren de requisitos estructurales menores.

Vale decir, que menores costos de construcción implican reducción de riesgos financieros, reduciendo las inversiones, montos de capital de trabajo, montos de boletas de garantías, entre otros.

De este modo, tanto las empresas constructoras e inmobiliarias son quienes pueden percibir beneficios a partir de la aplicación de este tipo de soluciones constructivas industrializadas, y así, se convierte en un mercado atractivo para evaluar desde el punto de vista de inversión la incorporación total o parcial de la cadena de valor de construcción industrializada con madera, que acompañada con una buena estrategia de ingreso al mercado, podría otorgar buenos resultados.

Requerimientos habitacionales.

Histórico de llamados a licitación:

A continuación, se puede ver un resumen de los subsidios otorgados a familias en el programa Fondo solidario de elección de la vivienda D.S.49 de 2011(V.U.) asociados a modalidades de Construcción en nuevos terrenos, conformación de pequeños condominios y comités de construcción de condominios.

Tabla 30: Subsidios D.S.49 otorgados

Año	Ejecutado	En proceso	Total general
2021	1315	0	1315
2022	3075	0	3075
2023	1414	181	1595
Total general	5804	181	5985

Se puede observar que en los últimos tres años se han entregado en la región de maule un total de 5985 subsidios que las familias y comités de vivienda utilizan en el desarrollo de proyectos de construcción habitacional. Del total otorgado, ya se han ejecutado 5804 unidades, que representan el 97% del total otorgado.

Con respecto a programas D.S. 01 y D.S. 19 tenemos lo siguiente:

Tabla 31: unidades D.S.01 y D.S.19 2021 -2023

Año	D.S.N°1	D.S.N°19	Total general
Ejecutado	3027	5130	8157
2021	1157	1282	2439
2022	1221	2410	3631
2023	649	1438	2087
En proceso	807	254	1061
2023	807	254	1061
Total general	3834	5384	9218

En este programa se puede observar que en el periodo se ha licitado la construcción de 5384 viviendas, de las cuales ya se encuentran ejecutadas 5130 unidades, representando el 95 % de lo licitado, las 254 unidades restantes se encuentran actualmente en licitación pública y corresponde a un llamado en condiciones especiales para atender un Plan Urbano Habitacional de la comuna de Talca.

En el programa D.S.01, se puede observar que se ha licitado la construcción de 3834 viviendas, de las cuales 3027 ya se encuentran ejecutadas, representado el 79% de los proyectos ejecutados.

Se puede observar también que año a año ha existido un incremento de llamados

Déficit Habitacional:

El déficit habitacional se define en los instrumentos de medición nacionales con dos formas de categorizar, la primera es el déficit cuantitativo y la segunda el déficit cualitativo.

El déficit cuantitativo, como su nombre lo indica, corresponde al déficit de viviendas en número, es decir, cantidad de unidades nuevas que son requeridas para satisfacer la demanda habitacional de hogares que por diversos criterios que serán mencionados más adelante, no se encuentran disponibles.

Por otra parte, el déficit cualitativo, corresponde a la cuantificación de unidades existentes que requieren mejoras en su calidad para poder asegurar que los hogares tengan acceso a un estándar mínimo de condiciones de habitabilidad. En este caso, las mejoras son viables económicamente.

La edición del instrumento CASEN liberado en noviembre de 2023 de la encuesta realizada entre 2006-2022, establece las modificaciones a la medición del déficit cuantitativo con respecto a iteraciones anteriores. Para esto, el Ministerio de vivienda y urbanismo Citó a un panel de expertos en el año 20201 para ajustar esta metodología.

La metodología utilizada hasta entonces consideraba tres aspectos:

1. Viviendas Irrecuperables: materialidades de estándar no aceptable con importante nivel de deterioro.
2. Hogares allegados: Hogares que pueden solventar sus gastos básicos, no pueden optar por una vivienda independiente.
3. Núcleos allegados hacinados: tienen bajos niveles de habitabilidad por la falta de espacio disponible.

La modificación a la metodología considera un incremento por la adición de un cuarto factor.

Hacinamiento no ampliable: Hogares principales hacinados sin allegamiento interno que no pueden ampliar su

vivienda por ser arrendatarios o vivir en un departamento o pieza.

Por otra parte, la determinación del déficit cualitativo considera lo siguiente:

1. Viviendas que requieren de mejoras, por encontrarse en condición de reparables
2. Viviendas con hogar principal hacinado sin allegamiento que requieren de ampliación.
3. Mejoramiento de servicios sanitarios básicos (Carencia en el origen de agua, su disponibilidad y eliminación de excretas).

Para efecto del análisis, se considerará que la demanda que puede ser satisfecha por medio de los sistemas constructivos propuestos, estarán dados principalmente por el déficit cuantitativo.

A continuación, se presenta la evolución del déficit cuantitativo para las regiones según los datos obtenidos mediante la encuesta CASEN (Ministerio de desarrollo social, 2022).



Gráfico 2: variación anual del déficit habitacional en zona de influencia.

A partir de lo anterior, se puede observar que el déficit habitacional se ha abordado en forma paulatina, y se han presentado periodos de aumento que se pueden asociar a diferentes factores en cada región.

Entre las tres regiones analizadas, la región del Libertador Gral. Bernardo O'Higgins se muestra como aquella con el mayor déficit cuantitativo. Se puede observar que tiene una tasa insuficientemente descendente que se ve alterada por alzas en tres periodos específicos, esto podría tener relación con diversos factores. En general, descontando el dato de 2009, se presenta un promedio de reducción del déficit de 389 Viviendas al año.

En la región del maule, considerando el análisis desde el periodo 2011 en adelante se puede también apreciar una tendencia descendente

Particularmente, en la región de Ñuble, aparecen datos desde 2017, respondiendo al año de creación de la región. Se observa que progresivamente el déficit se reduce anualmente en la región, pasando desde una cifra ligeramente superior a las 11.000 unidades hasta un poco más de 5.600 unidades, apreciándose una regularidad en la pendiente. Esto permite inferir una tasa de construcción anual regular que promedia en las 495 unidades al año.

Se cree que los factores de variación del déficit anual se relacionan con variados factores entre los cuales podemos encontrar:

Generación de nuevos núcleos familiares, crecimiento de núcleos familiares generando condiciones de hacinamiento, deterioro de viviendas hasta el estado no reparable, factores de migración de extranjeros y de población rural a urbana.

Por otra parte, al revisar las fuentes de Déficit Cero, particularmente al seguimiento que la institución realiza al plan de emergencia habitacional. Se puede observar que dentro de las regiones de interés tenemos lo siguiente (Deficit-Cero, 2024):

Tabla 32: Estado actual PEH Maule y regiones aledañas

Estado	A proveer	En ejecución	Finalizadas	Meta
Libertador General. Bernardo. O'Higgins	4.678	9.020	3.045	16.743
Maule	5.663	8.805	7.555	22.023
Ñuble	1.108	6.190	1.924	9.222
Total general	11.449	24.015	12.524	47.988

La meta total por alcanzar para las regiones de interés es de 47.988 viviendas construidas a final del periodo 2021-2025. De este total se han completado o están en ejecución 36.539 viviendas en los distintos programas habitacionales, quedando por proveer 11.449, viviendas, que representa un 23% del total del objetivo del PEH para este grupo de regiones.

De acuerdo con la información del modelo preliminar estudiado, la capacidad productiva de una industrializadora ronda las 160 unidades habitacionales al año, lo que representa el 1,3% del objetivo pendiente en el PEH. Esto permite que la demanda por soluciones constructivas que cumplan con los estándares técnicos y normativos requeridos sea suficiente para la incorporación de nuevos actores bajo parámetros de costo eficiencia adecuados.

Respecto de las licitaciones a proyectos, SERVIU Maule proporcionó un listado de licitaciones anuales, para los proyectos de subsidios D.S.01 y D.S.19.

Para D.S.01, se presentan dos llamados nacionales al año, que totalizan una media de 631 viviendas por llamado. Además se incluyen ocasionalmente, llamados en condiciones especiales.

Para D.S.19, Se presenta un llamado nacional con un promedio de 1.697 viviendas al año. Además llamados en condiciones especiales dentro del marco del plan de uso de suelo fiscal de los planes Urbanos Habitacionales. se proyecta que la región del Maule realizará en la ciudad de Talca las etapas futuras del PUH Cornelio Baeza, que tendrá un total superior a las 2.000 unidades de vivienda en los próximos años.

Criterios de evaluación de puntajes en licitaciones

En las últimas licitaciones de programas de subsidio D.S.19 elaboradas por SERVIU Maule, se ha podido observar que aparecen ciertos criterios que permiten puntajes adicionales al momento de evaluar estas relacionados con la utilización de madera en la conformación del sistema estructural y de las terminaciones de las obras. Estos puntajes, a la hora de postular un proyecto, pueden ser significativos a la hora de competir por la adjudicación.

A continuación, se presenta un ejemplo con la resolución de licitación del PUH Cornelio Baeza:

Tabla 33: Criterios de selección para adjudicación de DS. 19

Criterios de selección	Mayor puntaje sin madera	Mayor puntaje con madera
Criterios Selección D.S.19	222,50	222,50
Criterios Selección Complementarios	159,75	200,25
Oferta Por Valor del suelo	22,25	22,25
Total	404,50	445,00

En una propuesta óptima, al **elegir un sistema constructivo con madera estructural, se otorgará hasta un 11,1% adicional en el puntaje de la licitación**, lo que lo hace más competitivo que otros sistemas al momento de la adjudicación de un proyecto de estas características.



Actores en zona de influencia

La definición de los actores para el desarrollo de proyectos de vivienda social es relevante si se requiere generar una demanda por sistemas constructivos en madera, esto, porque permite identificar a las empresas que habitualmente construyen en la región, en diferentes modalidades, y materialidades, y entonces permite desarrollar estrategias específicas para ofrecer nos sistemas constructivos en madera como productos sustitutos.

A continuación, se presenta un listado de las empresas que participan como proveedores de la región del Maule para construcción de proyectos de vivienda social.

Tabla 34: Empresas que participan de licitaciones de subsidio habitacional en la región

Razón Social
Boetsch S.a. Vii Región
Conavicoop Talca
Constructora Independencia Spa
Constructora Malpo Spa
Constructora Oval Ltda
Constructora Pacal SA VII Región
Fai Sur Spa
Grupo Inmobiliaria BGI Spa
Inmobiliaria B3 Ltda
Inmobiliaria Cauquenes Spa
Inmobiliaria del Maule Limitada
Inmobiliaria e Inversiones Baker Spa VII Reg
Inmobiliaria e Inversiones Malpo Ltda
Inmobiliaria e Inversiones Malpo Ltda
Inmobiliaria FERVAL Ltda
Inmobiliaria Incas Limitada
Inmobiliaria Isiete Maule I Spa
Inmobiliaria Los Cipreses Ltda
Inmobiliaria Los Robles Spa
Inmobiliaria Teno Spa
Inmobiliaria Vida Alegre Spa
Inmobiliaria y Constructora FAI Parral Spa
Inmobiliaria y Constructora FAI Plaza Oriente Viii Spa
Inmobiliaria y Constructora Nuevo Centro II Spa
Inmobiliaria y Constructora Parque Las Palmas II Spa
Inmobiliaria y Constructora Parque Las Palmas III Spa
La Cruz Inmobiliaria y Constructora S.a.
Maule IV Spa
Noval VII Región

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este informe de caracterización de la demanda, se han presentado los conceptos básicos de la construcción industrializada y las diferentes formas en que puede llevarse a cabo, ya sea de manera lineal, mediante paneles o módulos.

Dado el enfoque de este estudio, nos hemos centrado específicamente en el caso de la industrialización a través de paneles. Se ha detallado la composición básica de estos paneles para el desarrollo de soluciones tanto para pisos como para muros.

Además, se han presentado los requisitos normativos que rigen la composición de estos paneles. Estas normas se dividen en dos grupos: aquellas relacionadas con las condiciones habitacionales de las viviendas, que definen parámetros como el rendimiento higrotérmico y la aislación acústica, y las normas relacionadas con la condición estructural de las edificaciones, que establecen requisitos de resistencia estructural, reflejados en detalles como escuadrías, espaciamientos y nivel de arriostramiento, entre otros.

Se ha introducido también el modelo de planta industrial propuesto, el cual contempla todas las operaciones necesarias para la elaboración industrializada de los paneles y elementos constructivos que conforman una obra. Este modelo se ha elaborado matemáticamente mediante un programa de simulación de eventos discretos, arrojando una capacidad de producción de 40 paneles de 12 metros de longitud por semana laboral.

Con el fin de determinar si la construcción industrializada mediante panelizado de madera puede satisfacer mejor la demanda de viviendas en comparación con otros materiales y sistemas constructivos tradicionales, se ha realizado una comparativa entre un caso real de viviendas sociales DS19 construido en hormigón armado y el mismo caso, pero desarrollado de manera industrializada mediante panelizado en madera. Para llevar a cabo esta comparativa, se ha transformado el caso de hormigón armado utilizando las normativas que definen los requisitos y composición de cada panel. Se ha determinado la capacidad y el costo de elaboración del panelizado utilizando el modelo de planta industrial, y finalmente se ha programado la logística y el montaje asociados a la construcción de la obra para determinar los costos totales del proyecto.

Los resultados de tal comparativa demuestran que la construcción industrializada con paneles de madera posee costos competitivos respecto de sistemas tradicionales, que de ser bien gestionados puede otorgar beneficios a inmobiliarias y constructoras desde el punto de vista de calidad de las obras, menores riesgos financieros, mayor certidumbre respecto de los costos y duración de partidas críticas de obra, entre otros. Lo anterior hace a este tipo de soluciones atractivas para la inversión en su cadena de valor.





INFORME 3:
**CATÁLOGO DE SOLUCIONES
CONSTRUCTIVAS**

INTRODUCCIÓN



El presente catálogo se entrega como una herramienta complementaria para la entrega de conocimientos útiles para la aplicación de soluciones constructivas.

En éste, se podrá observar un conjunto de soluciones constructivas desarrolladas a partir de madera aserrada cepillada seca sin clasificación estructural que tendrán por objetivo la incorporación de nuevos desarrollos de productos para su comercialización, tanto en el retail como a través de proyectos. También, se hará entrega de un desarrollo informativo para la correcta aplicación de una solución constructiva de vivienda rural que proporcionará valor por medio de la incorporación de productos de madera con clasificación estructural como requisito.

Como complemento al catálogo, Se adjuntará el proyecto completo de la vivienda rural, este se compone de proyecto de arquitectura, proyecto de cálculo estructural, y proyectos de especialidades, con sus respectivos planos para cada especialidad.

Para la aplicación de la vivienda en proyectos reales, estos proyectos deben ser revisados por un profesional competente al momento de su desarrollo para revisar si

los detalles de cada uno de los proyectos requieren de algún grado de actualización, y así mantener Esta vivienda corresponde a un desarrollo técnico que se encuentra validado por MINVU, y puede ser utilizado directamente para los subsidios de habitabilidad rural D.S. 10.

Nota informativa

Este catálogo no es de naturaleza reglamentaria, está diseñado para facilitar el acceso a la información disponible y el entendimiento general de las soluciones constructivas sujetas a ser aplicadas. Las entidades que elaboraron este documento no se hacen responsables por las pérdidas, daños y otras consecuencias que puedan surgir dado el mal uso de este de manera directa o indirecta. Este catálogo no reemplaza los documentos de arquitectura, estructura y fabricación para el proyecto detallado y se debe utilizar la documentación detallada que se entrega en forma complementaria a este para su aplicación. De la misma forma, este documento no reemplaza la asesoría de un profesional competente, el usuario debe buscar este tipo de asesoría en caso de requerirla.

SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS

Definición y descripción generales

Para el desarrollo del proyecto, se presentará a continuación una explicación detallada de lo que son las soluciones constructivas en madera.

¿QUÉ ES UNA SOLUCIÓN CONSTRUCTIVA?

Elemento de construcción compuesto por un conjunto de componentes de diversos materiales y formas que se caracteriza por entregar una prestación específica en el entorno que está siendo utilizado. Estas prestaciones pueden ser de carácter, arquitectónico, ambiental, estructural, o de servicios para la edificación. (Referencia 1).

Los requerimientos a los que deben dar respuesta estas soluciones están generalmente relacionados con el cumplimiento de la normativa de construcción vigente, requisitos técnicos específicos de Programas habitacionales o incluso diseño arquitectónico, dentro de las estrategias que pueden desarrollar los arquitectos para ofrecer mejores productos.

A continuación, se presentan algunos ejemplos de requerimientos que pueden dar origen al planteamiento de soluciones constructivas:

- Requerimientos de transmitancia térmica en muros de envolvente;
- Requerimientos de resistencia al fuego en muros interiores, perimetrales, cajas de escalera y entre-pisos;
- Requerimientos acústicos en muros, y entrepisos, entre departamentos o recintos especiales;
- Requerimientos asociados al comportamiento estructural, con el objetivo de transmitir correctamente las cargas a terreno y asegurar el comportamiento estructural de los elementos constructivos;
- Requerimientos arquitectónicos con fines varios, como el desarrollo de estrategias de control solar, división de espacios, control de zonas húmedas, como baños y cocinas, entre otros.
- Soluciones para la canalización e instalación de servicios, eléctricos, corrientes débiles, hidráulicos, sanitarios, calefacción, entre otros.
- Otros requerimientos específicos de proyectos.

Todo lo anterior, desencadena el desarrollo de una multiplicidad de soluciones a estos requerimientos que no obliga a ser resuelta de una única forma, pudiéndose realizar mediante diferentes materialidades, de forma que se

permitan aprovechar sus características en el proceso de dar respuesta a estos requerimientos.

Soluciones constructivas en madera

Como se menciona anteriormente, estas soluciones cumplen criterios según su función se verá un conjunto de ejemplos que permitan clarificar cada caso.

Componentes verticales:

Muros Interiores:

Corresponden a estructuras verticales de muro aplicables al interior de un recinto, pueden cumplir con uno o más de los siguientes requerimientos:

- Estructural;
- Arquitectónico;
- Técnico o de servicios;

Muros Perimetrales:

Son aquellos muros diseñados para ser aplicados en la envolvente de una construcción, pueden cumplir con uno o más de los siguientes requerimientos:

- Estructural;
- Arquitectónico;
- Acústico;
- Higrotérmico;
- Comportamiento al fuego;
- Técnico o de servicios;

Muros Divisorios:

Son aquellos muros que dividen diferentes unidades habitacionales, pueden cumplir con uno o más de los siguientes requerimientos:

- Estructural;
- Arquitectónico;
- Acústico;
- Higrotérmico;
- Técnico o de servicios;

Muros Húmedos:

Corresponden a aquellos que se instalarán en contacto con recintos húmedos, deben contemplar protecciones específicas para resistir la humedad dentro del sistema, como tableros y placas resistentes a la humedad, en madera deben ser ejecutados con elementos impregnados, pueden cumplir con uno o más de los siguientes requerimientos:

- Estructural;
- Arquitectónico;
- Acústico;
- Higrotérmico;
- Comportamiento al fuego;
- Técnico o de servicios;

Tabiques:

Corresponden a elementos verticales cuya única función es la división de espacios, pueden cumplir con uno o más de los siguientes requerimientos:

- Arquitectónico;
- Técnico o de servicios;

Componentes Horizontales

Pisos Ventilados:

Estructuras horizontales que se instalan sobre pilotes o fundaciones corridas elevadas, que cumplen con la característica de ser ventiladas por la cara inferior, lo que beneficia a la durabilidad de la vivienda, reduciendo la posibilidad de deterioro por hongos de pudrición y ataques de xilófagos terrestres (termitas). Pueden cumplir con uno o más de los siguientes requerimientos.

- Estructural;
- Arquitectónico;
- Acústico;
- Higrotérmico;
- Comportamiento al fuego;
- Técnico o de servicios;

Entrepisos:

Estructuras Horizontales que se instalan entre los diferentes niveles de una estructura o separando unidades habitacionales verticalmente. Pueden cumplir con uno o más de los siguientes requerimientos:

- Estructural;
- Arquitectónico;
- Acústico;
- Comportamiento al fuego;
- Técnico o de servicios;

Losas de coronación:

Estructuras horizontales aplicables al último nivel de una construcción, para posteriormente dar paso a las soluciones de cubierta. Pueden cumplir con uno o más de los siguientes requerimientos.

- Estructural;
- Arquitectónico;
- Acústico;
- Higrotérmico;
- Comportamiento al fuego;
- Técnico o de servicios;

Componentes de cubierta.

Cerchas.

Son estructuras que se instalan sobre los muros o sobre losas de coronación y conforman la subestructura de la

techumbre de una edificación. Pueden cumplir con uno o más de los siguientes requerimientos:

- Estructural;
- Arquitectónico;
- Técnico o de servicios;

Paneles de cubierta.

Es la estructura que se monta sobre las cerchas y da la plataforma para la instalación de la solución de cubierta. Puede cumplir con uno o mas de los siguientes requerimientos.

- Estructural;
- Arquitectónico;
- Higrotérmico;

Productos arquitectónicos complementarios:

Muros y entrepisos en NLT

Son elementos de madera masiva que pueden aplicarse para los siguientes requerimientos:

- Estructural;
- Arquitectónico;
- Acústico;
- Higrotérmico;
- Comportamiento al fuego;
- Técnico o de servicios;

Celosías de sombra

Corresponden a elementos utilizados para el control solar. En general se les aplica requerimientos higrotérmicos y arquitectónicos.

Corta vistas

Son elementos para separar espacios con propuestas de diseño específicas. En general cumplen fines arquitectónicos.

Productos Encolados

Pilares y vigas.

Elementos de madera laminada encolada que pueden cumplir con una o más de los siguientes requerimientos:

- Estructural;
- Arquitectónico;

SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON MADERA NO CLASIFICADA.

A continuación, se detallarán aquellas soluciones constructivas que no consideran el uso de madera clasificada estructuralmente.

Tabiques:

Son estructuras cuyo fin es la división de espacios entre ambientes del interior de una edificación, estos no tienen requisitos estructurales y por lo tanto no se les exige una

carga portante más allá de la necesaria para colgar objetos como televisores, cuadros.

Se recomienda trabajar con escuadrías de madera no inferiores al 2"x3" utilizando madera cepillada seca para su confección con dimensiones finales de 41 mm x 65 mm, lo anterior es deseable para asegurar la planeidad de las caras en donde se instala el yeso cartón.

Estos elementos, pueden también incorporar otros componentes, como puertas, ventanas, e instalaciones, en las ilustraciones siguientes, se puede apreciar la fabricación de un tabique que incorporaría una puerta.

Ilustración 10: Tabique por su cara posterior, muestra su estructura de pino cepillado seco.



Ilustración 12: Tabique por su cara posterior, este caso ejemplifica la posición de un vano de puerta.



Ilustración 11: Tabique por su cara frontal, muestra sus placas de yeso cartón.

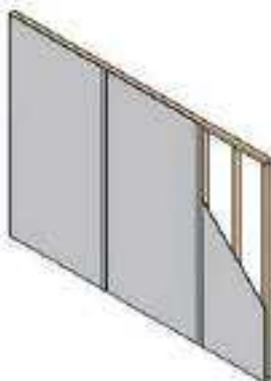
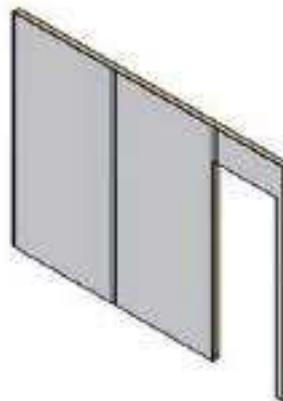


Ilustración 13: Tabique con puerta por su cara frontal.



NLT:

El NLT cuya traducción es Madera Laminada Clavada, corresponde a un tipo de panel de madera elaborado con capas sucesivas de piezas de madera clavadas según un patrón definido.

Los patrones de clavado que se utilizan en el NLT se realizan clavando capa por capa, asegurando que los clavos crucen hasta la capa anterior, de este modo, al ir completando este patrón se va construyendo el muro.

Las soluciones en NLT pueden ser utilizadas tanto para la fabricación de paneles que no resistan carga o tabiques, estas pueden proporcionar un mayor valor arquitectónico a las soluciones construidas y también mejores desempeños higrotérmicos en las envolventes.

Para la elaboración de muros, simplemente se clavan capas sucesivas hasta alcanzar la longitud de muro deseada, los elementos se disponen verticalmente para descargar los esfuerzos en el sentido de las fibras.

Ilustración 14: Panel de NLT, Conformación General

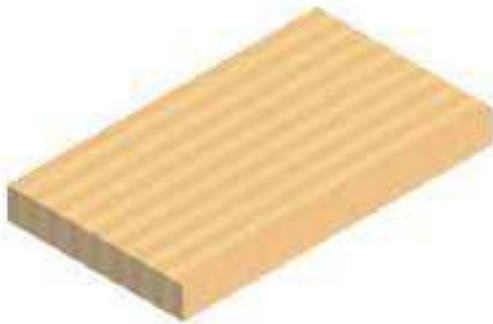


Ilustración 15: Panel de NLT explotado, muestra patrones de clavado.

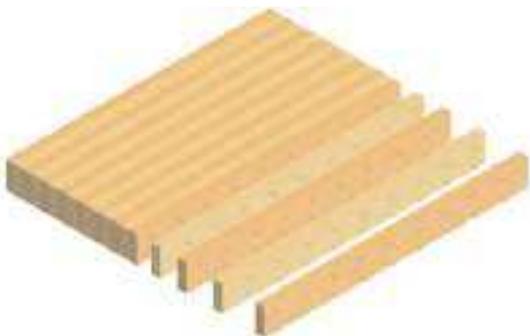


Ilustración 16: Acercamiento al detalle de clavado, se aprecia como las líneas de clavos se desplazan entre capas.

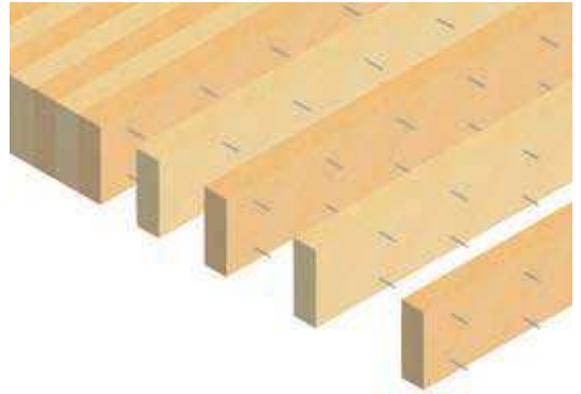


Ilustración 17: Vista en planta del patrón de clavado, esta muestra como los clavos se van intercalando por capas.

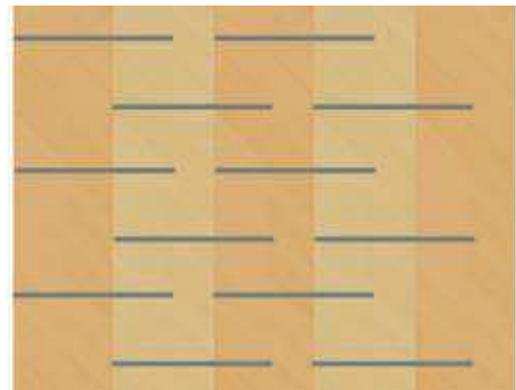
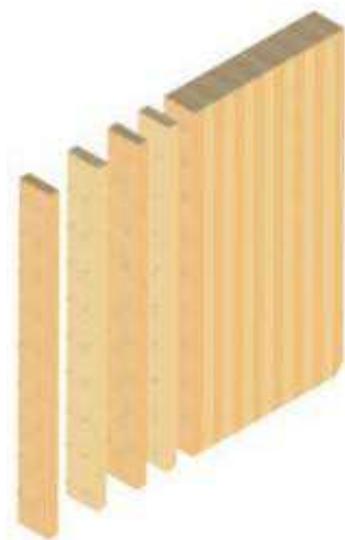


Ilustración 18: Muro de CLT Explotado, se visualizan las capas dispuestas en forma vertical.



Celosías de sombra:

Este tipo de elementos se compone de piezas de esca-drías pequeñas como 1" x 3" y poseen diferentes méto-dos de fabricación. Pueden ser clavadas o ator-nilladas con miembros laterales que soporten a cada una de las tablillas o las tablillas pueden ser unidas mediante hilos corridos, por ejemplo. Es preferible el uso de madera lateral o elementos de longitudes cortas con finger joint para asegurar que las fibras sean lo más rectas posibles y deben contar con tratamientos para el exterior, como impregnación y barnices o protectores UV, que eviten las deformaciones y el deterioro por ser instaladas en exterior.

Ilustración 19: Celosía para filtro solar fabricada con piezas de madera de 1" x 3" (22mm x 65 mm) unidas por dos laterales de 2" x 3" (41mm x 65 mm)



Ilustración 20: Vista frontal de la celosía

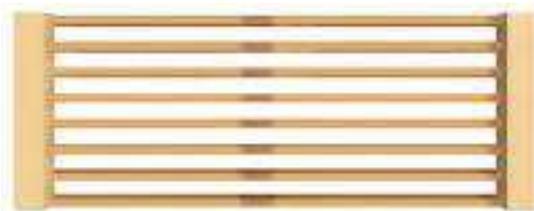


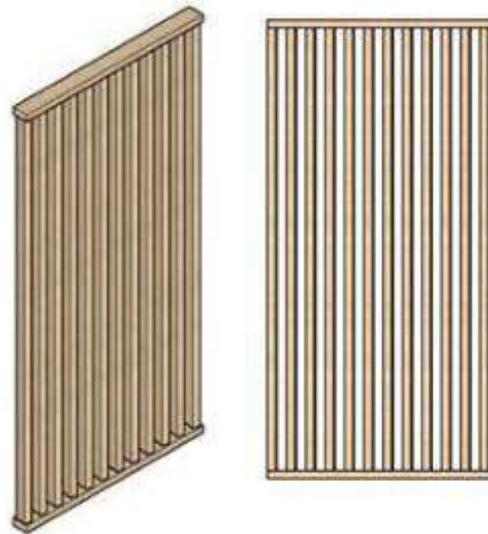
Ilustración 21: celosía elaborada mediante la unión con hilo corrido.



Corta vistas y separadores de ambientes:

Suelen ser elementos para uso interior y exterior, de fabricación similar a las celosías de sombra, y cumplen un objetivo arquitectónico al separar ambientes o deslindes, estos se pueden modular para contar con dimensiones estándar que puedan ser aplicadas para su comercialización o se pueden fabricar a la medida para un proyecto.

Ilustración 22: Separador de ambientes, confeccionado con verticales de 2" x 3" (41mm x 65 mm) y soleras de 2" x 4" (41mm x 90 mm).



SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON MADERA CLASIFICADA ESTRUCTURALMENTE.

Para dar entrada a las soluciones constructivas estructurales, es muy importante establecer primero una definición acabada para el concepto de madera con clasificación estructural, por lo tanto, se utilizará a modo de introducción para esta sección.

Madera con clasificación estructural.

Para que la madera aserrada pueda ser utilizada en la construcción esta debe cumplir con los requisitos establecidos por la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones (OGUC).

Estas características permiten asegurar el desempeño estructural, la durabilidad y estabilidad dimensional de la madera que se usa en condiciones estructurales.

Para el caso de la madera de pino radiata existen requisitos especiales y se encuentran normados de manera separada de otras especies. Para otras especies distintas a pino radiata, pero conocida en el país se utiliza agrupamiento forestal según el Anexo A de la norma chilena NCh1198:2014.

Los requisitos de la madera de pino radiata para la construcción son los siguientes:

1. Clasificación estructural de piezas de madera

La madera clasificada asegura el desempeño de elementos estructurales como muros, entresijos, cerchas o techumbres. Durante la clasificación se determina el grado estructural el cual es utilizado por ingenieros civiles para el diseño y la verificación de la estabilidad, resistencia y deformación de obras como viviendas, edificaciones, puentes, entre otros.

Actualmente, existen dos métodos para realizar la clasificación estructural de la madera:

1.1 Clasificación mecánica: Método de clasificación estructural realizada mediante maquinaria que evalúa las piezas y las asocia a un grado estructural. Los métodos y los requisitos que deben cumplir las piezas de madera no están normadas en Chile. No obstante, se utiliza normativa extranjera para este caso.

Las normas europeas EN 338 y EN 14081, establecen los grados estructurales y los requisitos de las máquinas de clasificación por resistencia respectivamente. Los grados estructurales corresponden a los europeos (C14, C16, C18, C20, C22, C24, C27, C30, C35, C40, C45 y C50) de los cuales los utilizados en Chile para el pino radiata son solamente dos: el grado C16 y el grado C24 y están indicados en la norma chilena NCh1207:2017.

La norma neozelandesa NZS 3603 determina las características de los grados estructurales utilizado en Nueva Zelanda. Por otra parte, la norma NZS 3622 indica los requisitos que debe cumplir la madera aserrada para la determinación del grado estructural. Los grados neozelandeses utilizados en Chile están indicados en la norma chilena NCh1207:2017 y son solamente dos: MGP 10 y MGP 12.

Existen diversos tipos de clasificación mecánica, utilizando diferentes principios físicos para determinar el grado estructural de la madera tales como vibración acústica, rayos X y flexión mecánica. A continuación, se presenta un listado de las máquinas típicas que el mercado ofrece:

Sistema de medición	Nombre Comercial
Flexión	• Computermatic
	• Micromatic Cook Bolinder
	• Tecmach Raute Timgrader
Vibración Acústica	• Dynagrade
	• Viscan
	• Timber grade MTG
Rayos X	• Euro-Grecomat 702
	• GoldenEye 702
Rayos X - Flexión	• Euro-Grecomat 704
Rayos X - Vibración acústica	• Euro-Grecomat 702 GoldenEye 702

Ilustración 23: Timber grade MTS (Fuente: INFOR)



Ilustración 24: GoldenEye 702 (Fuente: INFOR)



1.2 Clasificación visual: Método de clasificación estructural que se realiza mediante el control visual de tamaño y posición de nudos, grietas y deformaciones. Los requisitos que debe cumplir cada pieza de madera aserrada o cepillada, seca de pino radiata están establecidas por la norma chilena oficial NCh1207.0f2017. En ella se indican 3 grados estructurales posibles GS, G1 y G2.

Cabe mencionar que no toda pieza de madera aserrada cumplirá con los requisitos de clasificación estructural. Independiente del método de clasificación estructural, visual o mecánica, existen piezas que son rechazadas y no podrán ser utilizadas como elemento estructural.

Ilustración 25: Clasificación visual, pieza grado G2 (Fuente: INFOR)



Por eso que ambos métodos no deben ser considerados como excluyentes. Por el contrario, es recomendable complementar los procesos de clasificación mecánica con líneas de clasificación visual. Es común que los sistemas de clasificación mecánica sean estrictos con la presencia de medula, mientras que la clasificación visual admite la presencia de este defecto. De esta manera se puede aumentar la cantidad de madera que cumple con algún requisito de grado estructural y disminuir el porcentaje de madera que es rechazada.

2. Clasificación estructural para madera encolada

En el caso que las piezas de madera vayan a ser utilizadas de manera encolada, la normativa nacional posee de otras disposiciones para la clasificación estructural de estos elementos. Los métodos no difieren mucho de los mencionados en el inciso 1 de clasificación estructural para piezas de madera, estos métodos pueden ser dos también: mecánico y visual. Ambos se encuentran normados en la misma norma chilena NCh2150:2022.

Ilustración 26: Clasificación visual, pieza rechazada (Fuente: INFOR)



3. Impregnación

La madera estructural debe estar preservada mediante impregnación con el objetivo de aumentar la durabilidad, protección contra agentes bióticos como termitas y hongos. En Chile existen dos normas la NCh789/1:2023 y la NCh819:2019. La primera permite determinar la durabilidad de la especie de madera, mientras que la segunda el nivel de impregnación que debe tener la madera en caso de ser requerido por la norma NCh789/1:2023.

La OGUC señala en el Título 5: De la Construcción, Capítulo 6, Artículo 5.6.8 que la durabilidad de la madera debe ser determinada de acuerdo a la norma NCh789/1, la cual indica 5 categorías de durabilidad:

- M: Muy durable
- D: Durable
- S: Semi durable
- P: Poco durable
- N: No durable

Para determinar la categoría de durabilidad, la norma específica una serie de ensayos normalizados que se deben realizar a la madera según agente de deterioro de exposición (hongos, termitas y xilófagos marinos). A título

informativo, la norma, también incluye en el Anexo A la categorización de las especies reconocidas en Chile para cada agente de deterioro biótico. No obstante, estos están basados en la experiencia de los miembros del Comité Técnico y no en experimentación de base científica.

Según la misma OGUC, solamente se debe preservar la madera cuando la categoría de esta es No durable y se debe hacer conforme lo que indica la norma NCh819:2019 según la clase de riesgo a la que la madera está sometida.

- R1: Uso interior ambientes secos
- R2: Uso interior ambientes húmedos
- R3: Uso interior o exterior expuesto a condiciones climáticas
- R4: Uso en contacto con el suelo y posibilidad de contacto con agua dulce
- R5: Uso en contacto con el suelo y con agua dulce
- R6: Uso en contacto con agua marina

4. Control humedad

La madera seca es considerablemente más estable dimensionalmente y las propiedades de resistencia estructural comienzan a decaer cuando el contenido de humedad supera el 20%. En Chile es común identificar 2 métodos de secado para la madera, el secado al aire y el secado en cámara. No existe impedimento de cual método de secado utilizar. No obstante, el secado en cámara presenta varias ventajas al proporcionar un control homogéneo de la humedad en todo el listón de madera, además de ser un proceso que no depende de las condiciones climáticas como si depende el secado al aire libre.

Para determinar el contenido de humedad existe la norma chilena NCh2827:2020 la cual entrega las directrices para el uso, operación y calibración de xilohigrómetros portátiles, como alternativa al Método de secado en estufa de determinación de humedad de acuerdo a la norma NCh176/1.

Ilustración 27: Xilohigrómetro portátil (Fuente: INFOR)



5. Dimensiones

La madera aserrada tiene distintas dimensiones dependiendo de los procesos que se le apliquen. Por otra parte, la madera estructural cuenta con especificaciones en milímetros. La norma chilena NCh2824:2019 establece las unidades de medida, las dimensiones y el nivel de tolerancia para las piezas de madera de pino radiata con un contenido de humedad igual al 12%. Para maderas con contenidos de humedad inferior al 30%, la norma establece un criterio de estabilidad dimensional.

Ilustración 28: Pieza rechazada, falla dimensional (Fuente: INFOR)



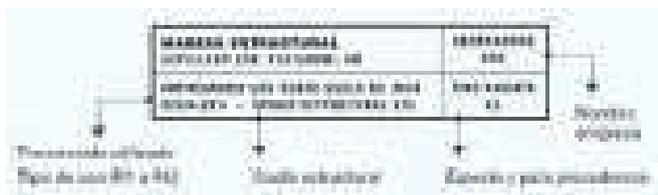
Rotulado de la madera

El rotulado de la madera estructural corresponde a un reglamento del Ministerio de Economía, Fomento y Turismo. Fue publicado en el diario oficial el 1 de febrero del 2023 bajo el nombre de “Reglamento que establece requisitos de rotulación de la madera estructural para construcción”. Este define los cuales son productos de madera que están sujetos a identificación mediante rótulo y cuáles son las características a ser declaradas, requisitos del rótulo y su formato de aplicación.

Para asegurar el grado estructural de las piezas de madera se dispone de un control muestrario en aserraderos.

Para tal efecto esta la norma NCh3733:2023, la cual incluye las disposiciones a los métodos de ensayo, evaluación inicial, régimen de producción y verificación de la constancia de las propiedades mecánicas.

Ilustración 29: Muestra rótulo madera (Fuente: Madera21)



SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS CON MADERA NO CLASIFICADA.

Entramado ligero

También llamado sistema MarcoPlataforma en madera. Estas soluciones constructivas constituyen mayoritariamente los paneles de muro y los paneles de piso. Estos son responsables de la resistencia de carga de viviendas y edificaciones mediante el trabajo conjunto del marco o chasis de madera conformado por piezas de madera estructural, tableros arriostrantes como OSB o contrachapado los cuales se unen al marco por medio de clavos o tornillos para conformar una unidad estructural funcional. Cuando estos elementos están adecuadamente conectados dentro de la vivienda o edificación (mediante, clavos, tornillos, pernos de anclaje, hold downs o sistema ATS dependiendo de los requisitos de cálculo) constituyen una unidad resistente a cargas gravitacionales y laterales, como sismo o viento.

Ilustración 30: Panel entramado ligero muro (Fuente: CIM UC)

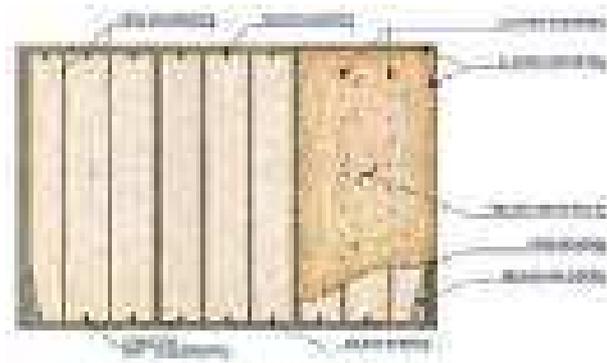


Ilustración 31: Panel entramado ligero piso (Fuente: CIM UC)



Cerchas

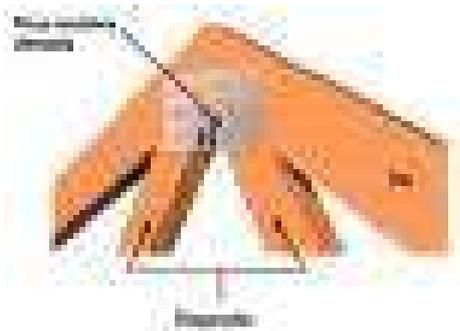
Cuando las cerchas son responsables de resistir cargas provenientes del techo es importante que estos estén elaborados utilizando piezas de madera clasificada estructuralmente. De esta forma, se puede determinar si este elemento verifica las condiciones de resistencia y deformación exigidos por la normativa.

Las uniones entre las piezas de madera también deben ser verificadas mediante cálculo. Existen diversos métodos para realizar estas uniones. Las más populares son las placas de acero dentadas o perforadas dada la practicidad de su aplicación. También es común el uso de tornillos y clavos, aunque usualmente este tipo de solución aumenta la cantidad de piezas de madera requeridas para conformar la conexión por concentración de cargas alrededor de estos elementos de unión.

*Ilustración 32: Sistema de cerchas en vivienda
(Fuente: CORMA)*



*Ilustración 33: Unión placa dentada en cercha
(Fuente: CORMA)*



*Ilustración 34: Unión placa dentada en cercha
(Fuente: CORMA)*



NLT Estructural

Para que los paneles desarrollados mediante esta técnica puedan ser utilizados como elementos estructurales estos deben ser capaces de resistir solicitaciones gravitacionales, para eso la disposición de las piezas de madera clavadas entre sí confieren tal capacidad. Por otra parte, también deben ser capaces de resistir cargas laterales (provenientes de sismo o viento) y para conferir tal capacidad se debe adicionar tableros de OSB o contrachapado, de esta forma el tablero adquiere rigidez lateral suficiente al funcionar como diafragma.

Así para la elaboración de paneles de muro estructurales es requerido para ser utilizado como elemento estructural para el desarrollo de algún proyecto específico, se puede adicionar un tablero estructural que permita generar este efecto.

Para la elaboración de elementos horizontales se adiciona un tablero de OSB o terciado en una de sus caras, con un patrón de clavado definido que permite convertirlo en un diafragma rígido.

Ilustración 35: Adición de un tablero para proporcionar rigidez lateral.

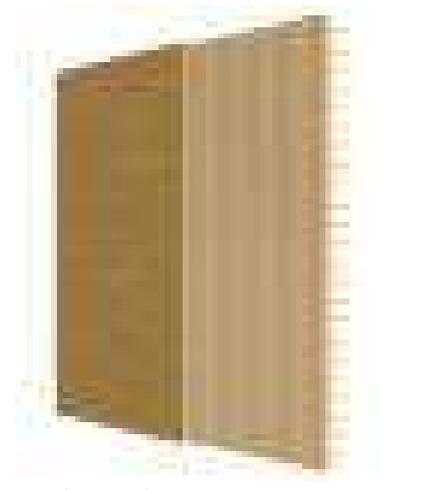


Ilustración 36: Diafragma Rígido con OSB



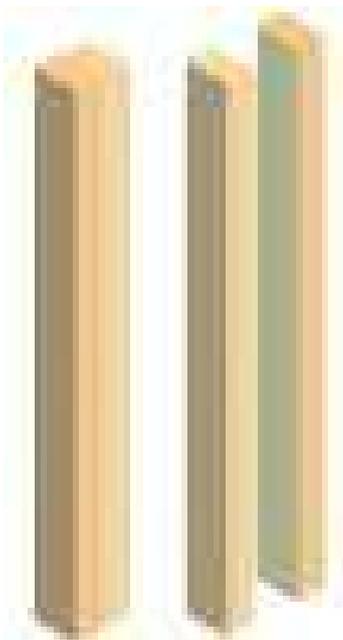
Ilustración 37: Diafragma rígido con terciado

Para la elaboración de este tipo de productos, es posible la homologación de sus características estructurales mediante ensayos, aunque siempre debe usarse madera estructural para estos elementos. El uso de madera con mejores grados supone menor dispersión en los resultados de resistencia y permite mejores prestaciones al producto.

Pilares de madera laminada encolada:

Pilares de mayores secciones pueden ser elaborados mediante el laminado encolado de dos o más elementos de madera cepillada seca, esto, en conjunto con el uso de madera lateral, proporciona una calidad superior en comparación con la elaboración de pilares de madera aserrada directamente, existiendo menor posibilidad de agrietamiento longitudinal principalmente. Es incluso más beneficioso si estos pilares son elaborados con madera unida con finger joint, lo que permite eliminar nudos y mejorar la calidad de la madera.

Ilustración 38: Izquierda, se aprecia el pilar conformado, a la derecha pilar de madera explotado, entre las cuales se dispone el adhesivo.



Vigas de madera laminada encolada:

Al apartado anterior, se agregan los elementos de madera laminada encolada del tipo viga, estos elementos se realizan pegando múltiples capas para poder conformar una mayor altura y así conformar una viga, para alcanzar mayores longitudes, es beneficioso también el uso de uniones tipo finger joint.

En ambos casos, se proponen elementos que se pueden fabricar con prensas de tubo o similares y no requieren necesariamente de una prensa hidráulica para iniciar su producción, aunque si es necesario seguir los requerimientos indicados por el proveedor del adhesivo.

Ilustración 39: Se presenta ejemplo de viga, las láminas se adhieren una sobre otra hasta alcanzar la altura requerida.



Ilustración 40: Ejemplo de Viga laminada encolada con prensado manual.

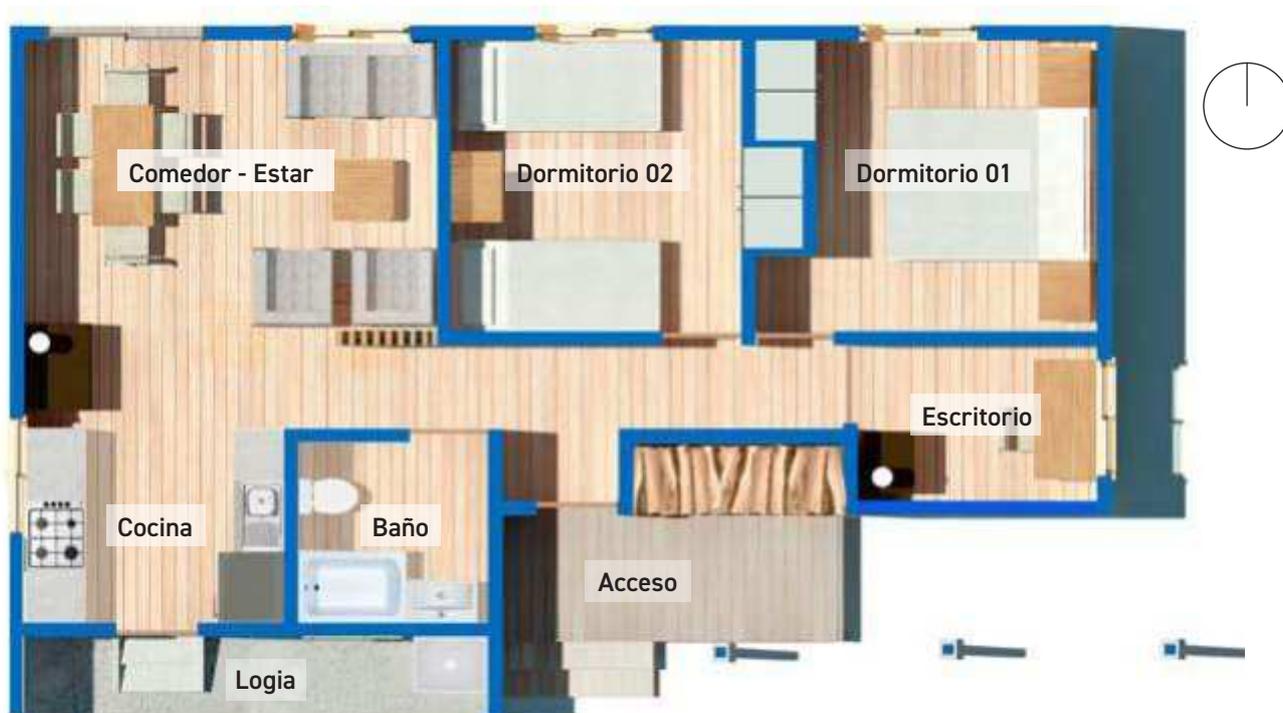


APLICACIÓN: VIVIENDA RURAL INDUSTRIALIZADA.

A continuación se expone a modo de ejemplo explicativo una vivienda industrializada en donde se aplican las soluciones constructivas expuestas en los capítulos anteriores.

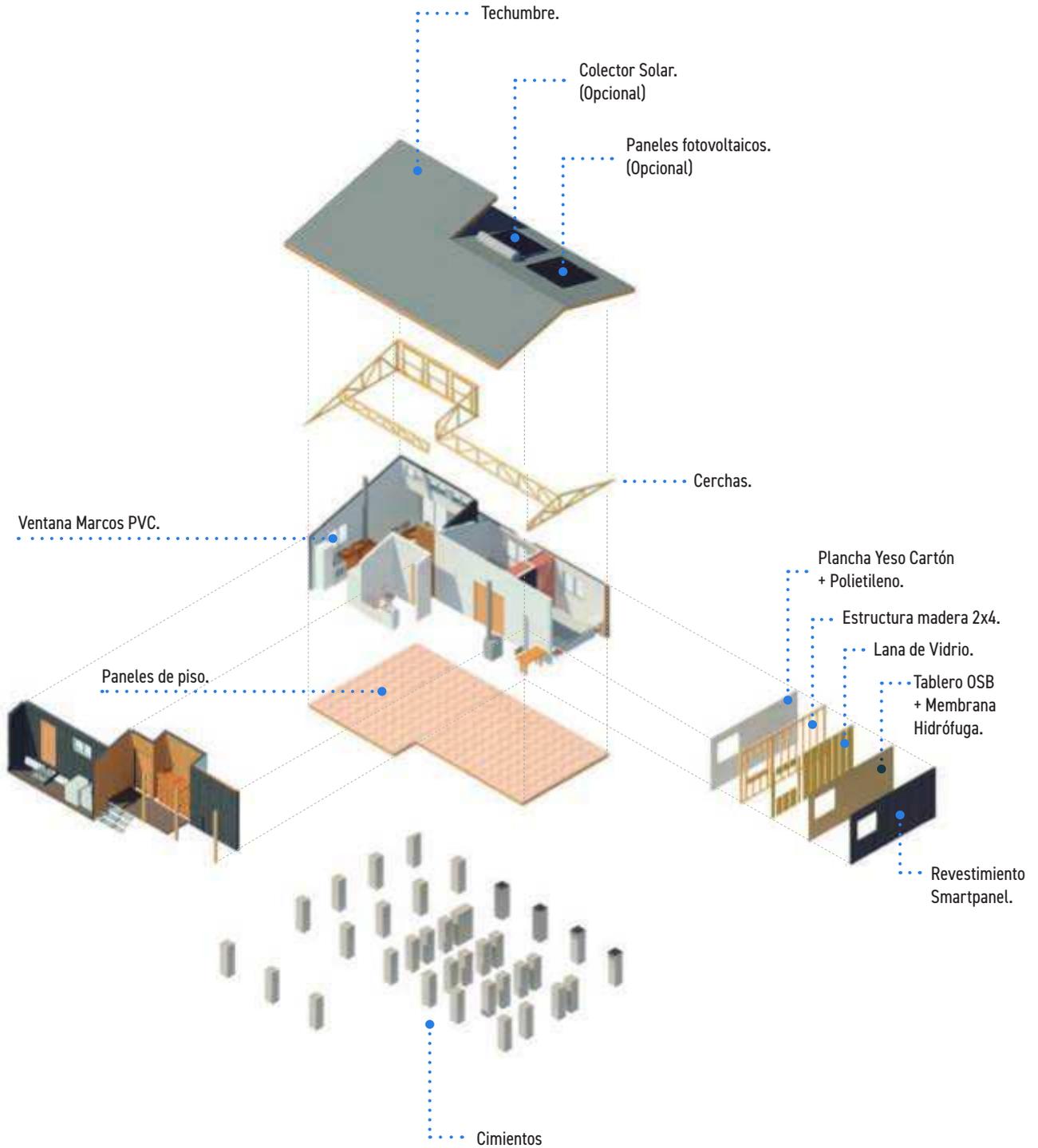


Vista Nor-Poniente.



La vivienda cuenta con 8 espacios, dormitorios 1 y 2, escritorio, baño, comedor, estar, cocina y logia. En total son 59,6m².

AXONOMÉTRICA DESPLEGADA VIVIENDA.



APLICACIÓN: VIVIENDA RURAL INDUSTRIALIZADA.

Dentro del marco del proyecto Madera Maule, se ha llevado a cabo el desarrollo de un prototipo de vivienda industrializada en madera, dirigido a todas las empresas participantes en el proyecto. Este prototipo representa un modelo arquitectónico y estructural válido, con el propósito de familiarizar a las empresas con el ámbito del desarrollo de paneles en madera y facilitar la creación de viviendas de alta calidad habitable.

Con el fin de garantizar su atractivo para su utilización en la región y áreas adyacentes, la vivienda ha sido diseñada teniendo en cuenta los aspectos técnicos identificados durante el análisis de la demanda. Estos incluyen el cumplimiento de los requisitos relacionados con las condiciones térmicas, acústicas y ambientales de todas las zonas, abarcando la extensión de la región de Maule. Así, la vivienda cumple con los estándares técnicos de habitabilidad para toda la región, incluyendo las zonas rurales.

En cuanto a su estructura, la vivienda ha sido diseñada con una ideología conservadora, considerando las mayores demandas sísmicas que podrían presentarse en la región, especialmente en las zonas costeras. De este modo, se ha desarrollado una vivienda que está preparada sísmicamente para todas las zonas de riesgo presentes en la región.

El sistema constructivo empleado en esta vivienda corresponde al sistema de entramado ligero. Este método constructivo se encuentra dentro de los horizontes cercanos en términos de capacidad, desarrollo e inversión por parte de las empresas madereras de la región. Esto no solo permite reducir los tiempos necesarios para la puesta en marcha de las plantas de producción de paneles, sino también disminuir el costo final de la vivienda, esencial para volverla una alternativa competitiva en comparación a viviendas construidas con materiales tradicionales.

Esta combinación de tiempo, costo y calidad es fundamental para incrementar la posibilidad de capturar la demanda actual de vivienda social en el país. Existe una gran oportunidad de satisfacer la demanda habitacional a través de la oferta pública. Y para asegurar que esta vivienda pueda optar a tal captura, fue desarrollada ajustándose a los requisitos establecidos por el programa de vivienda social DS10. De esta manera, el prototipo de vivienda cumple con los criterios exigidos y puede ser utilizado para la licitación y desarrollo de proyectos sociales sin necesidad de intervenciones o modificaciones en su arquitectura.

ESTRUCTURA Y PANELIZACIÓN DE LA VIVIENDA

AXONOMÉTRICA DESPLEGADA

PANELES DE TECHO (PT)

Son 9 paneles en total:
 3 PANEL DE TECHO 1
 2 PANEL DE TECHO 2
 1 PANEL DE TECHO 3
 3 PANEL DE TECHO 4

CERCHAS (C)

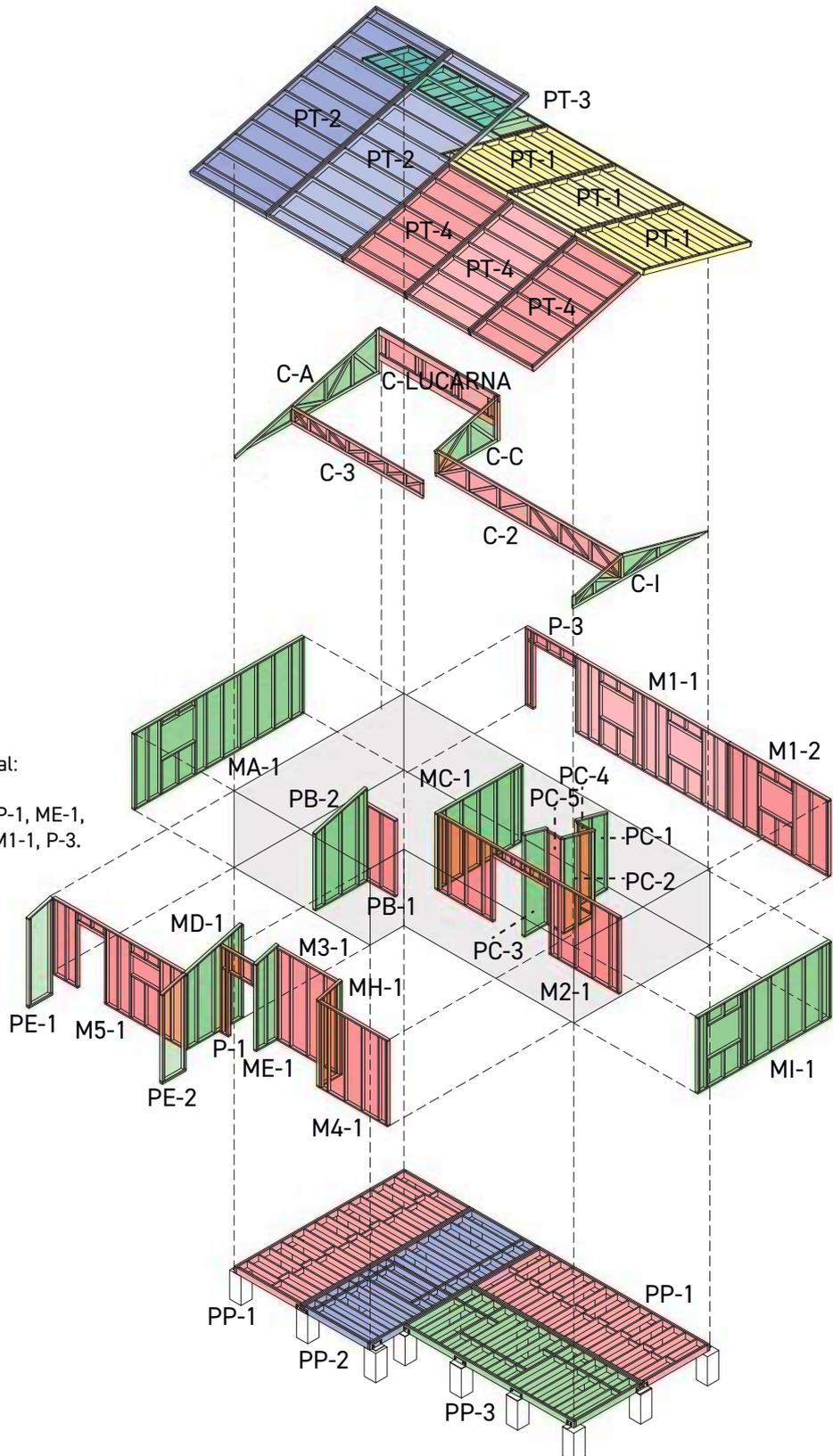
Son 6 cerchas en total:
 CERCHA A
 CERCHA LUCARNA
 CERCHA C
 CERCHA I
 CERCHA 2
 CERCHA 3

PANELES DE MURO

Son 23 paneles de muro en total:
 PERIMETRALES:
 MA-1, PE-1, M5-1, PE-2, MD-1, P-1, ME-1,
 M3-1, MH-1, XX-X, MI-1, M1-2, M1-1, P-3.
 INTERIORES:
 PB-2, PB-1, MC-1, M2-1
 INTERIORES CLÓSET:
 PC-1, PC-2, PC-3 Y DOS PC-5

PANELES PISO (PP)

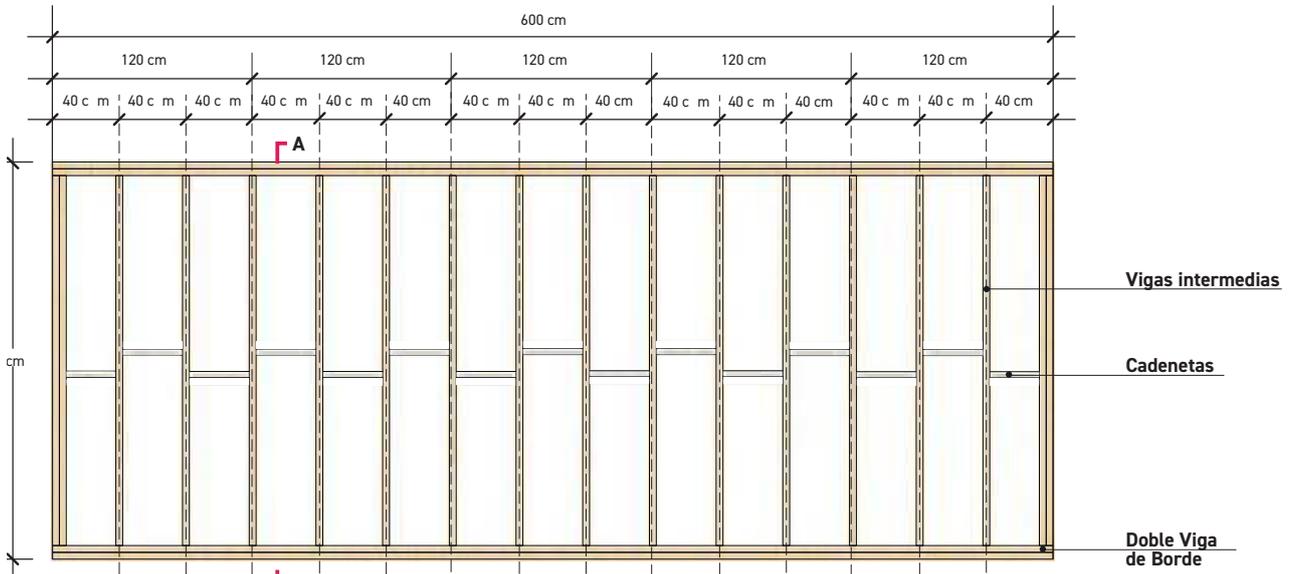
Son 4 paneles depiso en total:
 2 PANEL PISO 1
 1 PANEL PISO 2
 1 PANEL PISO 3



PANELES DE PISO

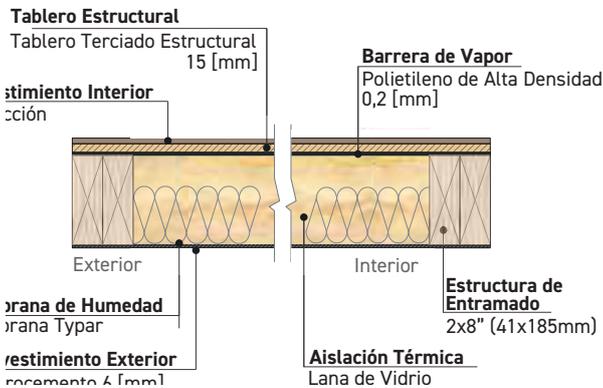
Ejemplo solución constructiva de entramado de piso tipo. Compuesto por doble viga perimetral de 2x8, vigas intermedias de 2x8 y cadenas de 2x6.

AXONOMÉTRICA DESPLEGADA



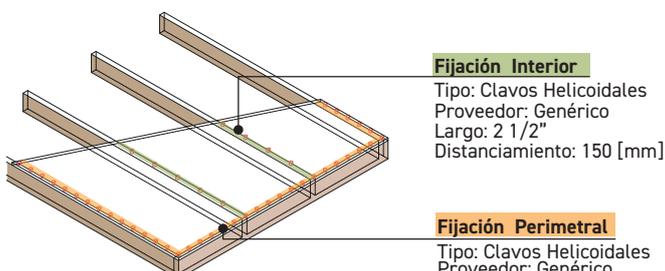
CORTE DETALLE A-A.

Se muestran todos los componentes de un entramado de piso con sus terminaciones



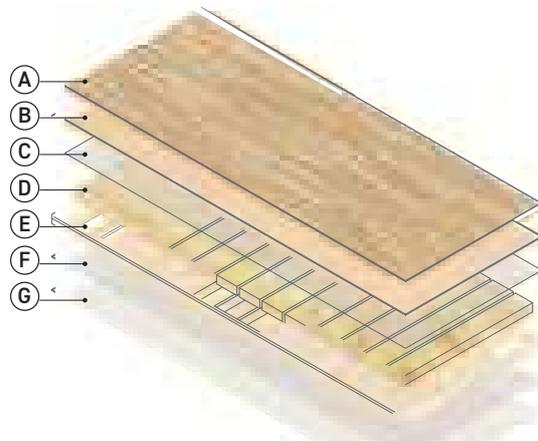
FIJACIONES

Patrón de clavado de los tableros de terciado al entramado de piso. Vale explicitar que se debe instalar la barrera de vapor entre terciado y entramado de piso. El distanciamiento entre clavos dependerá de los planos de Ingeniería Estructural.



AXONOMÉTRICA DESPLEGADA DE PANEL DE PISO

Solución constructiva del panel de piso completo con terminaciones.

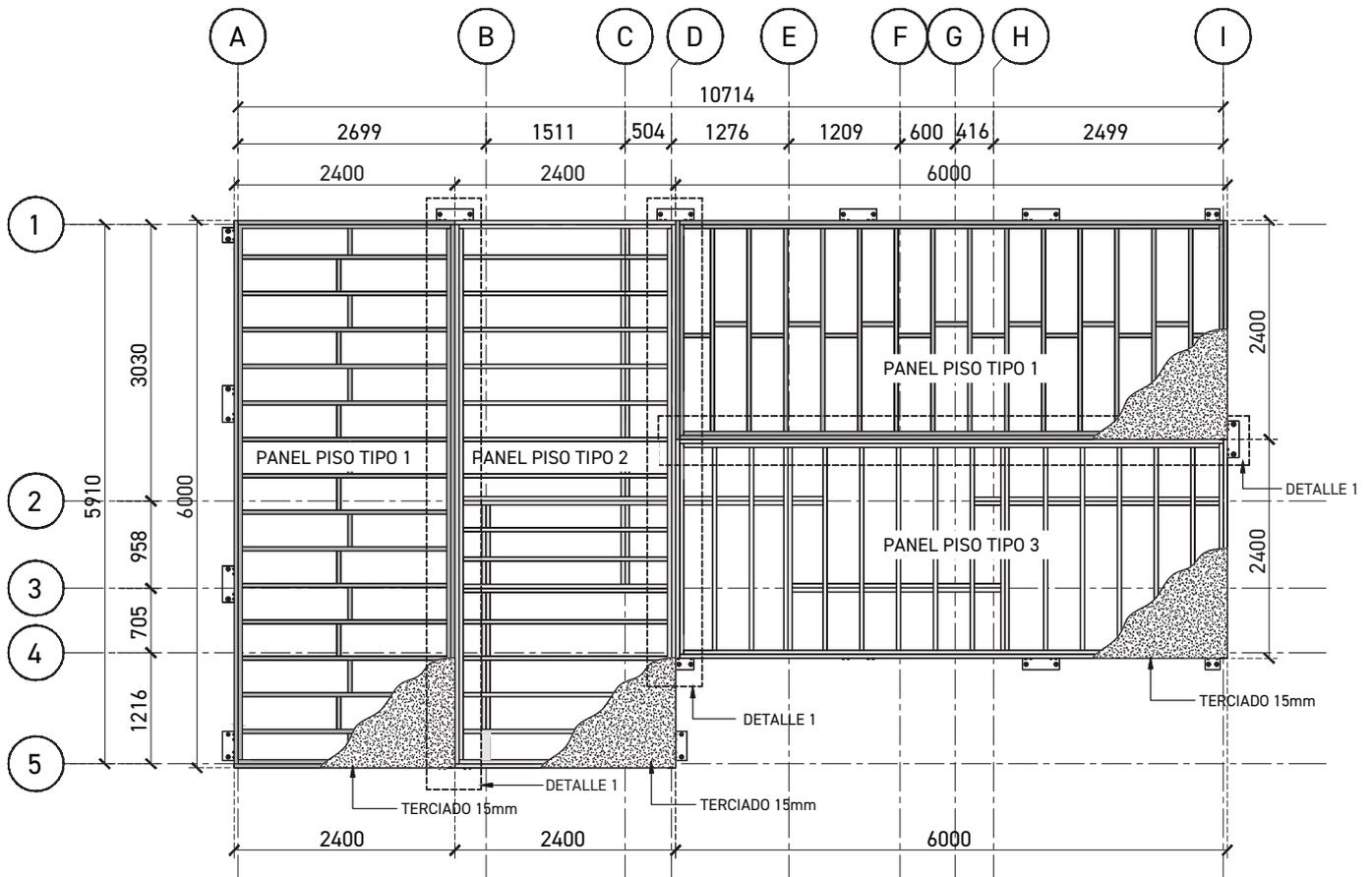


- (A) Revestimiento Interior - *Instalación en Obra*
- (B) Tablero Estructural
- (C) Barrera de Vapor
- (D) Aislación Térmica
- (E) Entramado Estructural
- (F) Membrana de humedad
- (G) Revestimiento exterior - *Fibro cemento*

ANEXOS:

Para ver todos los detalles constructivos y composiciones de los paneles, ver *Especificaciones Técnicas y planimetría de Arquitectura*.

PLANTA PANELES DE PISO.



Descripción de la estructura:

La estructura de piso está compuesta de por 4 paneles, de los cuales hay 2 iguales y 2 distintos:

- 2 Paneles Piso Tipo 1 (rojos).
- 1 Panel Piso Tipo 2 (azul).
- 1 Panel Piso Tipo 3 (verde).

La principal diferencia entre los 3 tipos es la distribución de sus cadenetas ya que todos miden 2400x6000mm en total.

Componentes de la estructura de piso:

Cada panel está compuesto por 5 elementos:

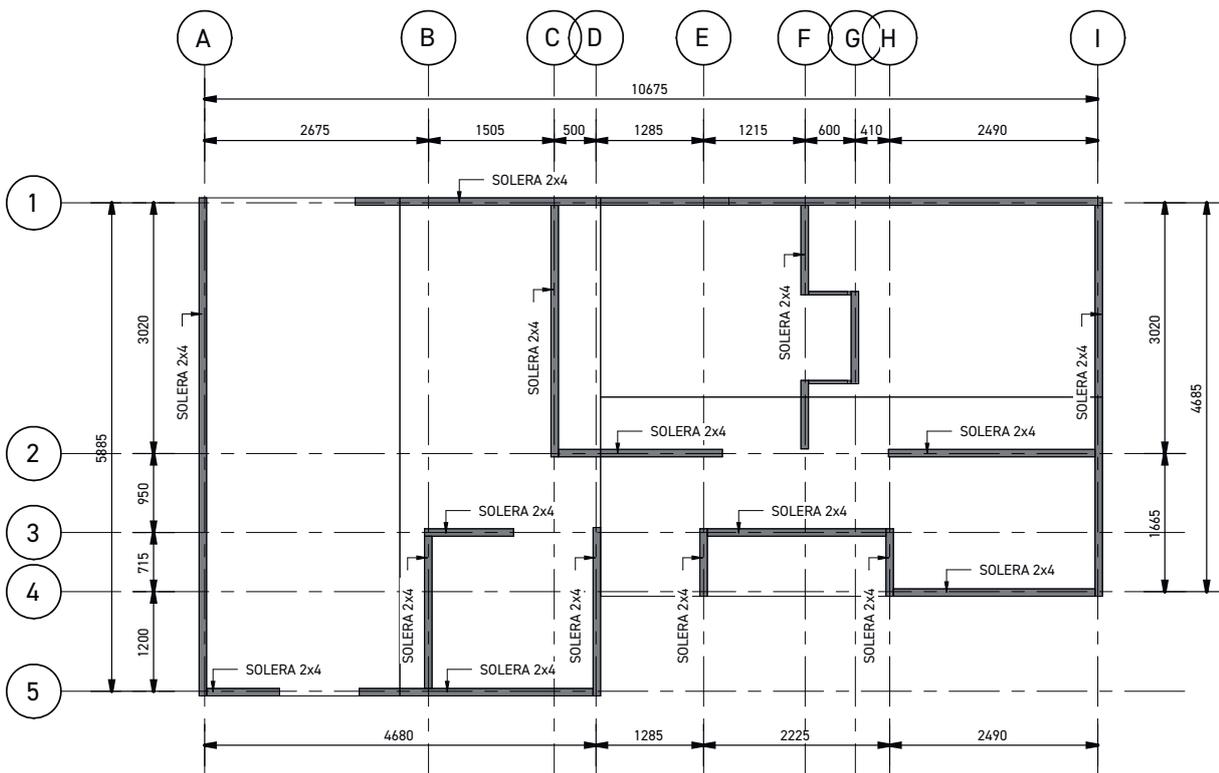
- Vigas principales de 2x8 (dobles y perimetrales).
- Vigas intermedias de 2x8.
- Cadenetas de 2x6.
- Tableros de terciado de 15mm de espesor, que se instala sobre el entramado.
- Barrera de vapor Polietileno 0,2mm, la cuál se instala entre entramado y tableros de terciado.

ANEXOS:

Para ver todos los paneles en detalles, ver anexo *Planimetría de Ingeniería Estructural*.

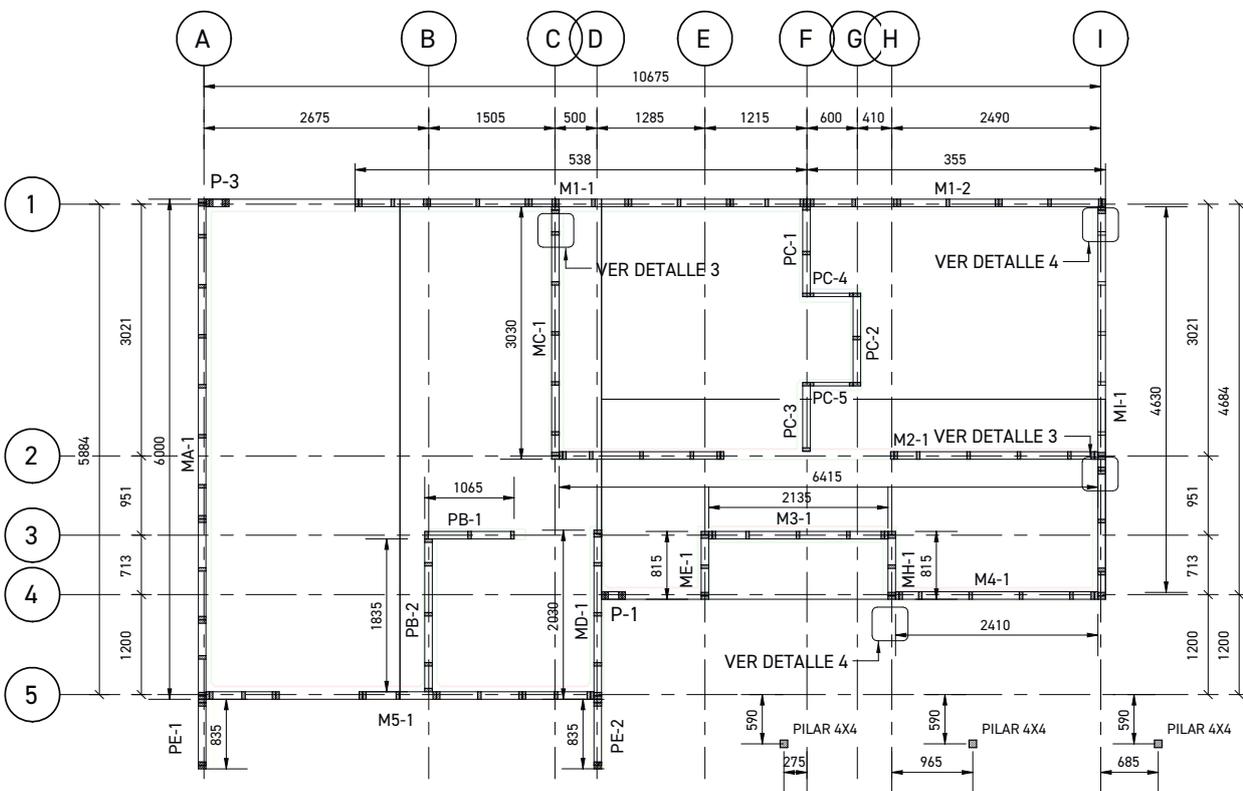
PANELES DE MUROS

PLANTA PANELES DE MURO Y SOLERAS.



PLANTA SOLERAS DE MONTAJE

Se instalan soleras de 2x4 apernadas a los paneles de piso, a éstas soleras se conectarán los paneles de muros. Dichas soleras se instalan en obra, una vez los paneles de piso ya está instalados y unidos.

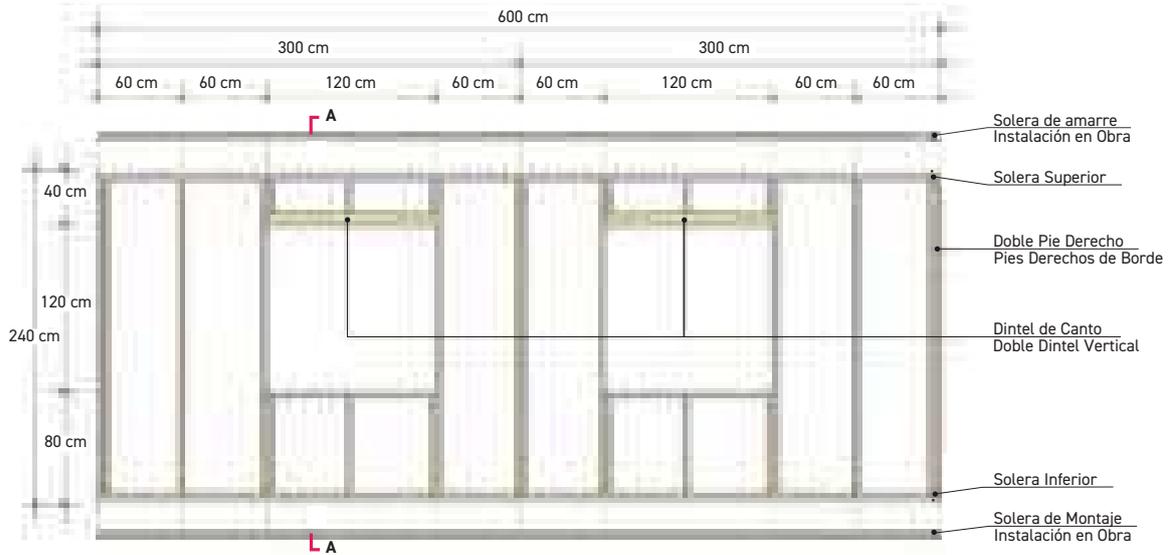


PLANTA PANELIZACIÓN ESTRUCTURAS

Se indican en 4 colores los 23 distintos paneles, cada color continuo significa 1 panel.

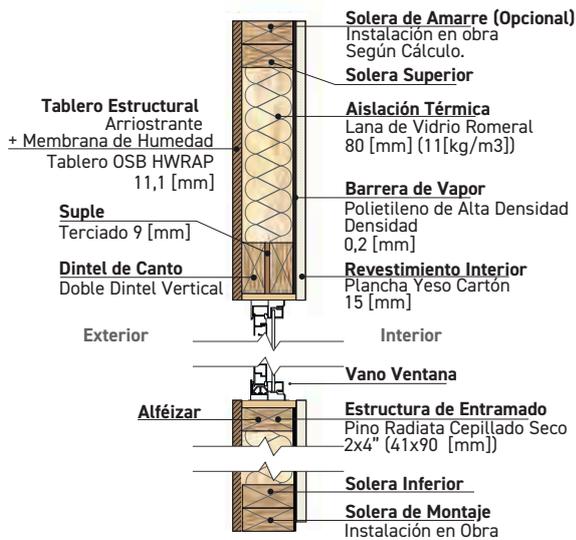
PANEL DE MURO PERIMETRAL.

Ejemplo de entramado de muro perimetral estructural. Compuesto por listones de 2x4. Este panel se asienta sobre la solera de montaje instalada sobre el panel de piso. Luego se instalan soleras de amarre sólo si Ingeniería Estructural lo considera.



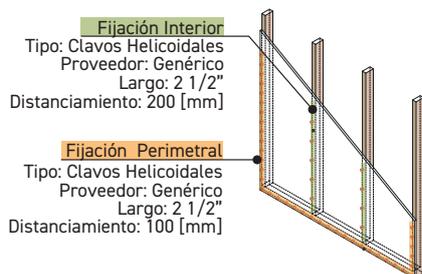
CORTE DETALLE A-A.

Componentes muro perimetral con terminación interior. Para revestimiento exterior considerar Smartpanel.



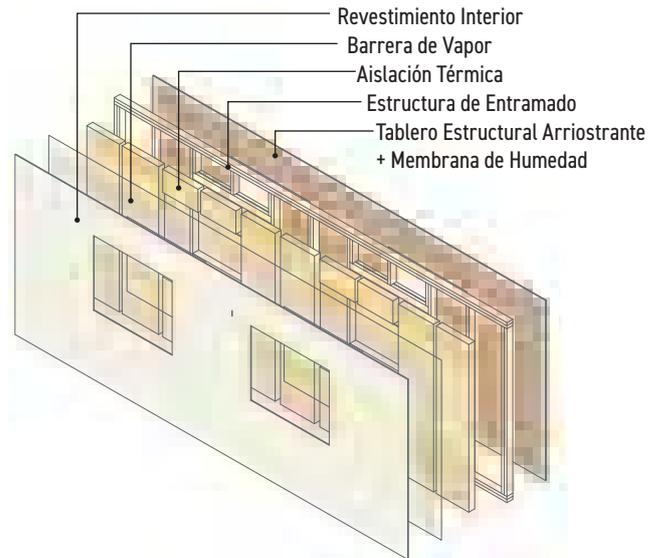
FIJACIONES

Patrón de clavado de los tableros de OSB al entramado de muro. Vale explicitar que se debe instalar la membrana de humedad entre OSB y entramado de muro en caso de no usar OSB HWRAP. El distanciamiento entre clavos dependerá de los planos de Ingeniería Estructural.



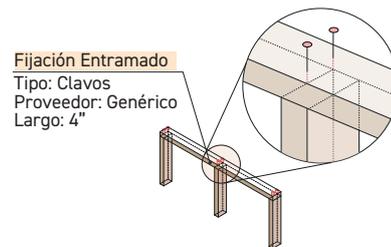
AXONOMÉTRICA DESPLEGADA DE PANEL DE MURO PERIMETRAL

Solución constructiva del panel de muro completo con terminación interior.



FIJACIONES ENTRAMADOS

Se insertan dos clavos desde la solera hacia el pie derecho.



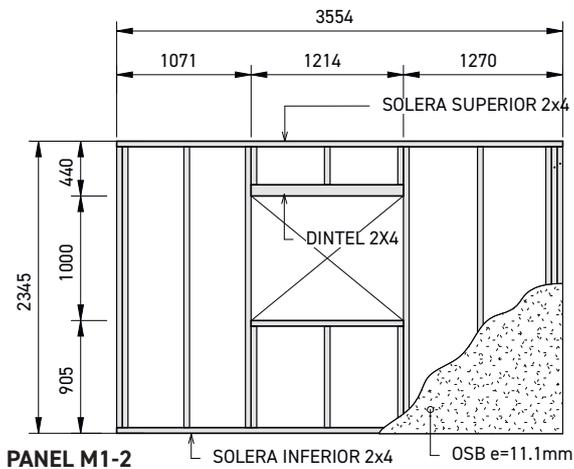
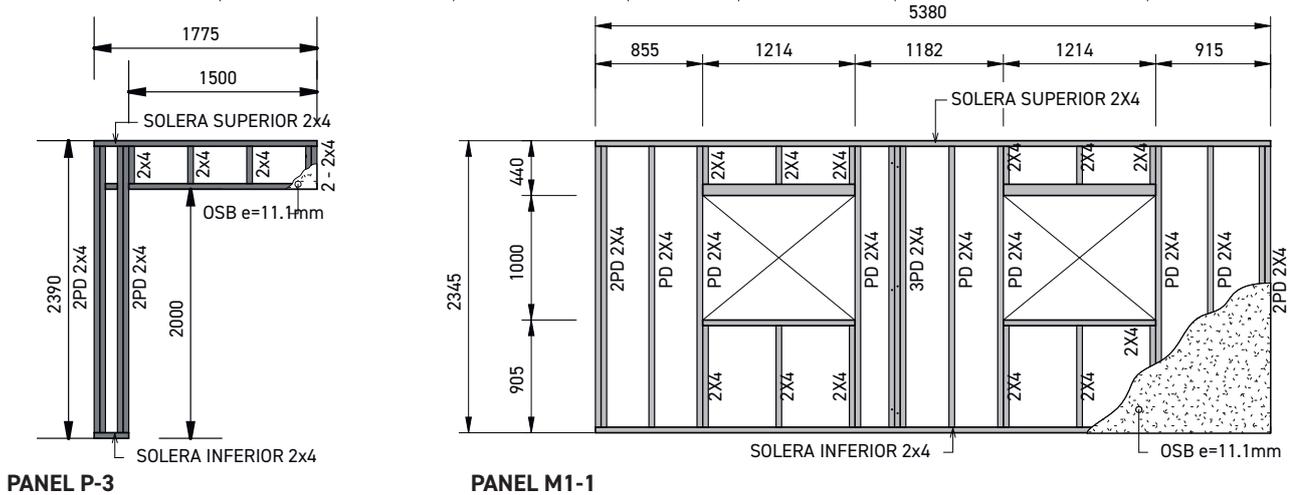
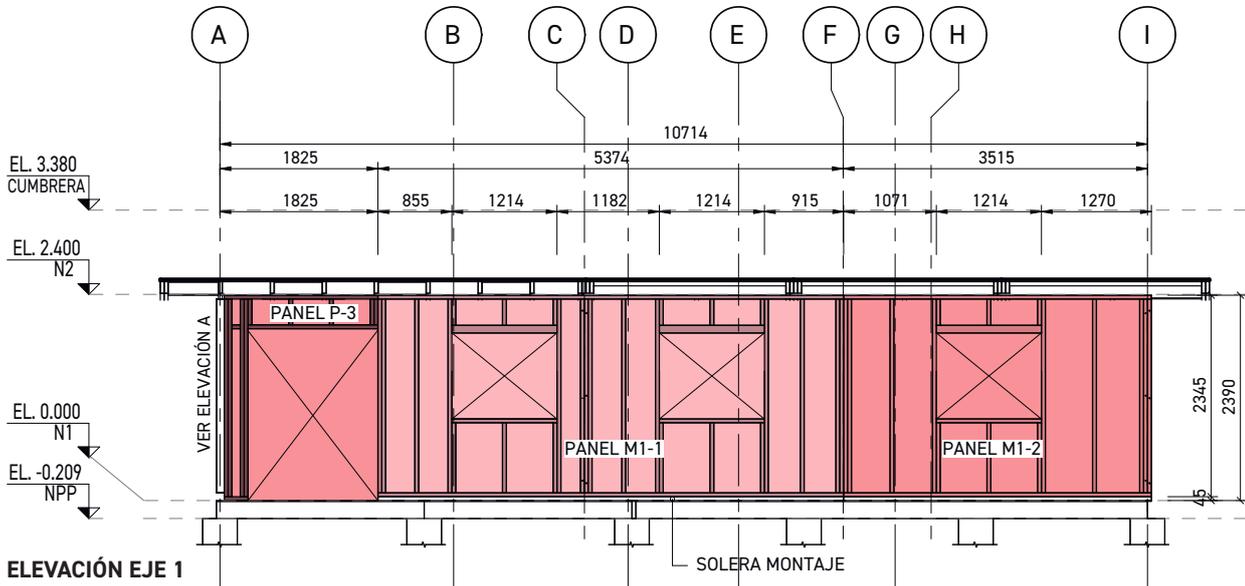
ANEXOS:

Para ver todos los detalles constructivos y composiciones de los paneles, ver *Especificaciones Técnicas y planimetría de Arquitectura*.

PANELES DE MURO PERIMETRAL VIVIENDA.

ELEVACIÓN EJE 1:

A modo de ejemplo a continuación se muestra la elevación del eje 1, la cual está compuesta por 3 paneles distintos (M1-1, M1-2 y P-3). Toda la estructura de estos muros está compuesta por listones de 2x4 y luego rigidizado por tableros de OSB.

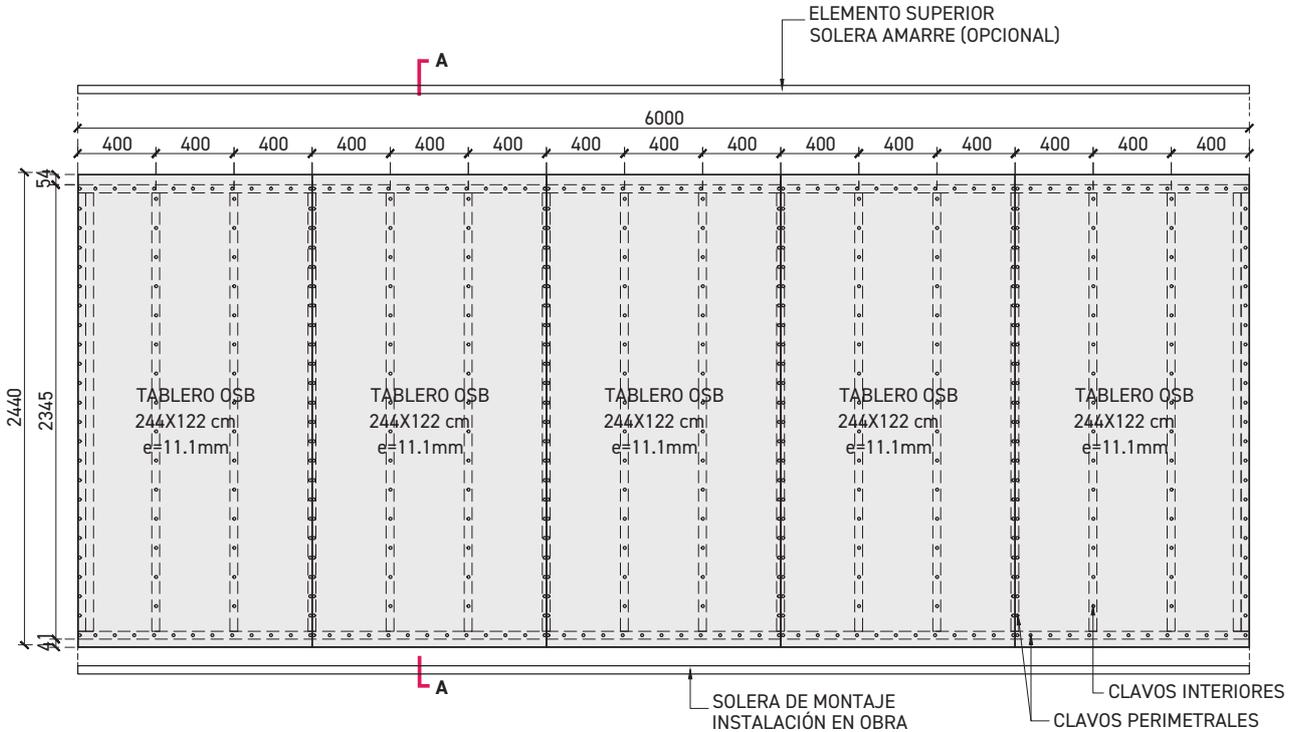


ANEXOS:
Para ver todos los paneles en detalles, ver anexo *Planimetría de Ingeniería Estructural*.

ANEXOS:
Para ver todos los paneles en detalles, ver anexo *Planimetría de Ingeniería Estructural*.

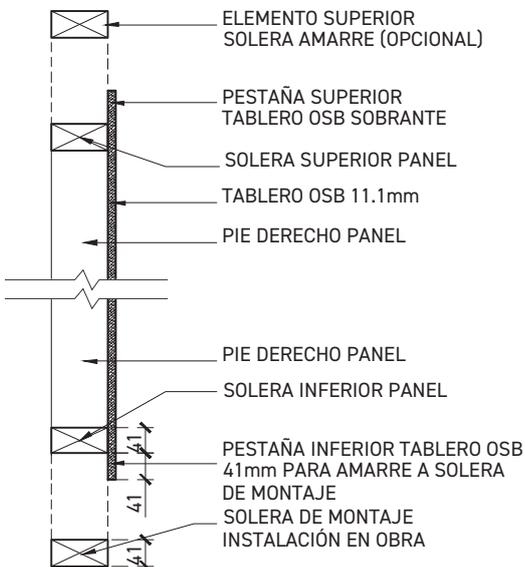
PANEL DE MURO PERIMETRAL PATRÓN INSTALACIÓN OSB.

Ejemplo de disposición y clavado del OSB al entramado de 2x4. Estos tableros deben instalarse dejando una pestaña de al menos el espesor total de la Solera de Montaje (2"), dicha pestaña colabora a la fijación y anclaje del muro a esta solera y a los pisos. Así también se puede dejar una pestaña superior para aprovechar todo el tablero, el cual también colaborará al anclaje del muro con los elementos superiores como vigas, cerchas, etc.

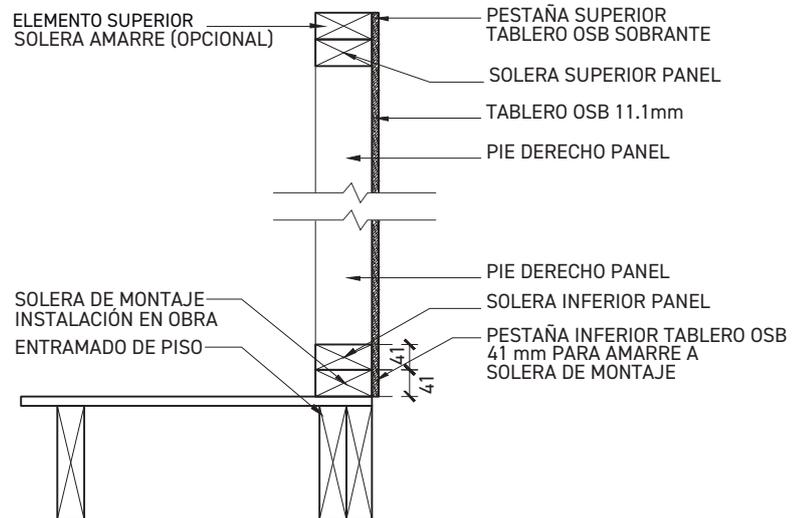


ELEVACIÓN ENTRAMADO DE MURO Y TABLEROS DE OSB.

Para un muro tipo de 6 metros se requieren 5 planchas de OSB, la disposición de los pies derechos puede variar según Ingeniería Estructural y el tamaño de la plancha, para que coincida el borde del OSB con el eje de un pie derecho interior. Estos tableros van fijados con clavos perimetrales (por el perímetro de la plancha) y clavos interiores (por el interior de la plancha) y el distanciamiento entre estos clavos depende de Ingeniería Estructural como ya se mencionó anteriormente.



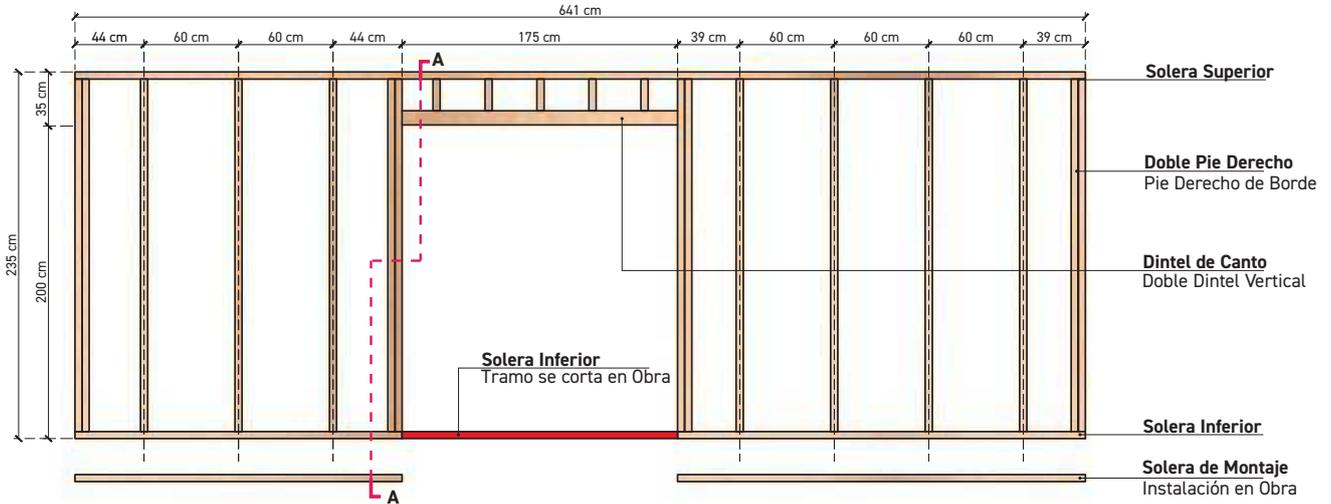
CORTE DETALLE A-A DESPLEGADO



CORTE DETALLE A-A MONTADO

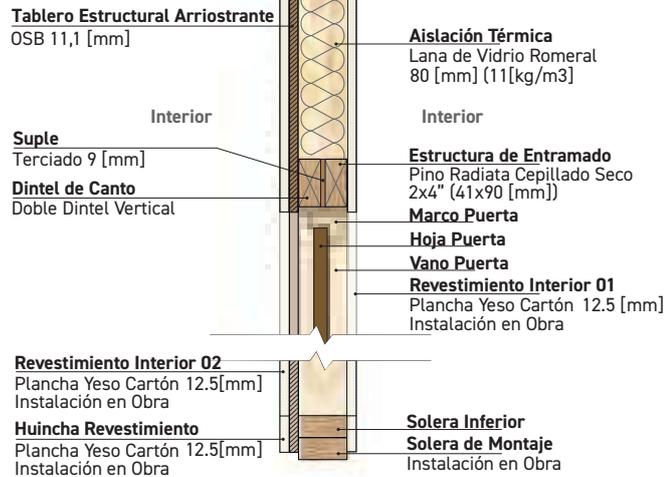
PANEL DE MURO INTERIOR.

Ejemplo de entramado de muro interior estructural. Compuesto por listones de 2x4. Cabe mencionar que la solera inferior se instala continua por todo el tramo de puerta, y luego una vez el panel está montado se corta la solera en el tramo de la puerta.



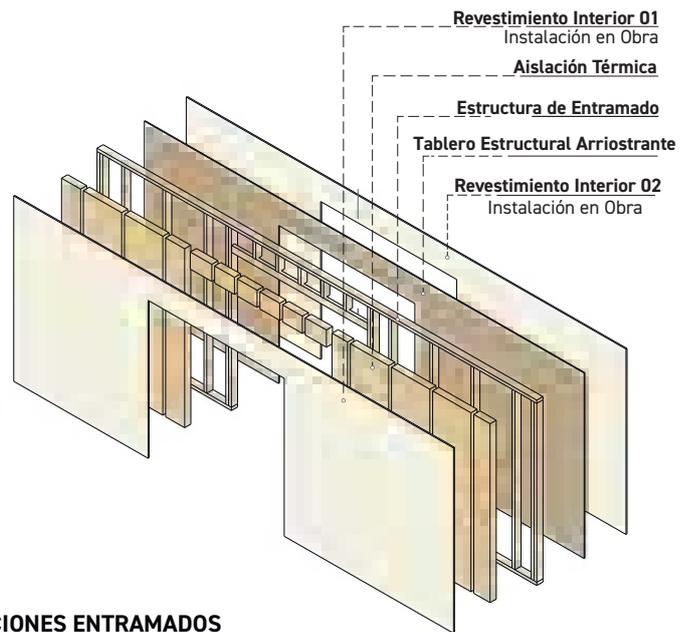
CORTE DETALLE A-A

Componentes muro interior con terminación. Todos los muros interiores quedan con el OSB con una cantería de 10mm sobre el nivel de piso para evitar problemas en montaje.



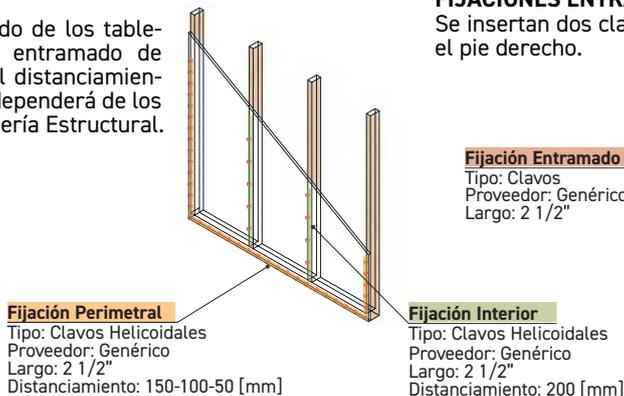
AXONOMÉTRICA DESPLEGADA DE PANEL DE MURO INTERIOR

Solución constructiva del panel de muro completo con terminación interior.



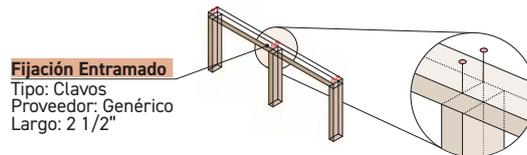
FIJACIONES

Patrón de clavado de los tableros de OSB al entramado de muro interior. El distanciamiento entre clavos dependerá de los planos de Ingeniería Estructural.



FIJACIONES ENTRAMADOS

Se insertan dos clavos desde la solera hacia el pie derecho.



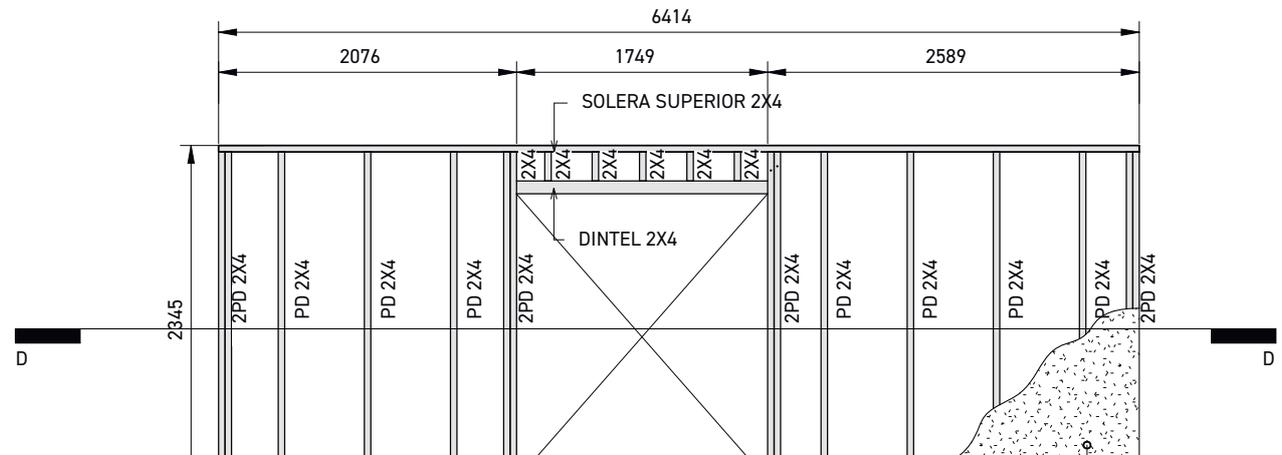
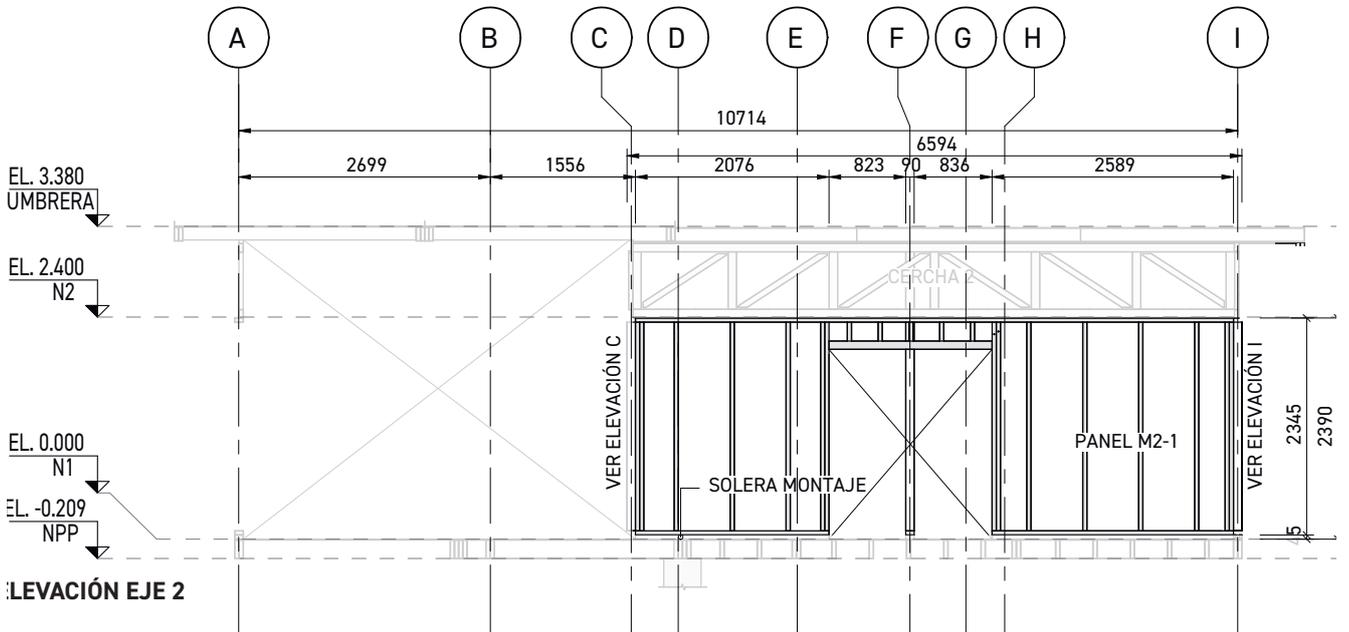
ANEXOS:

Para ver todos los detalles constructivos y composiciones de los paneles ver Especificaciones Técnicas y planimetría de Arquitectura.

PANEL DE MURO INTERIOR VIVIENDA.

ELEVACIÓN EJE 2:

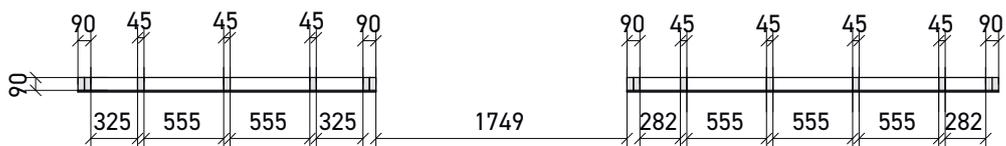
A modo de ejemplo a continuación se muestra la elevación del eje 2, la cual está compuesta por solo 1 panel. Toda su estructura es de listones de 2x4 y luego rigidizado por tableros de OSB.



ELEVACIÓN PANEL M2-1

Panel compuesto por entramado de 2x4. Para el dintel se utilizan 2 piezas de 2x4 pero dispuestas en sentido vertical con un suple de terciado de 9mm entre ambas piezas para alcanzar el ancho total del muro. Cabe mencionar que la solera inferior se instala continua por todo el tramo de puerta, y luego una vez el panel está montado se corta la solera en el tramo de la puerta. Todo el entramado se arriostra con tableros de OSB a excepción del vano de las puertas.

Este Panel se instalará sobre las soleras de montaje indicadas en los planos.



PLANTA PANEL M2-1 (D EN ELEVACIÓN)

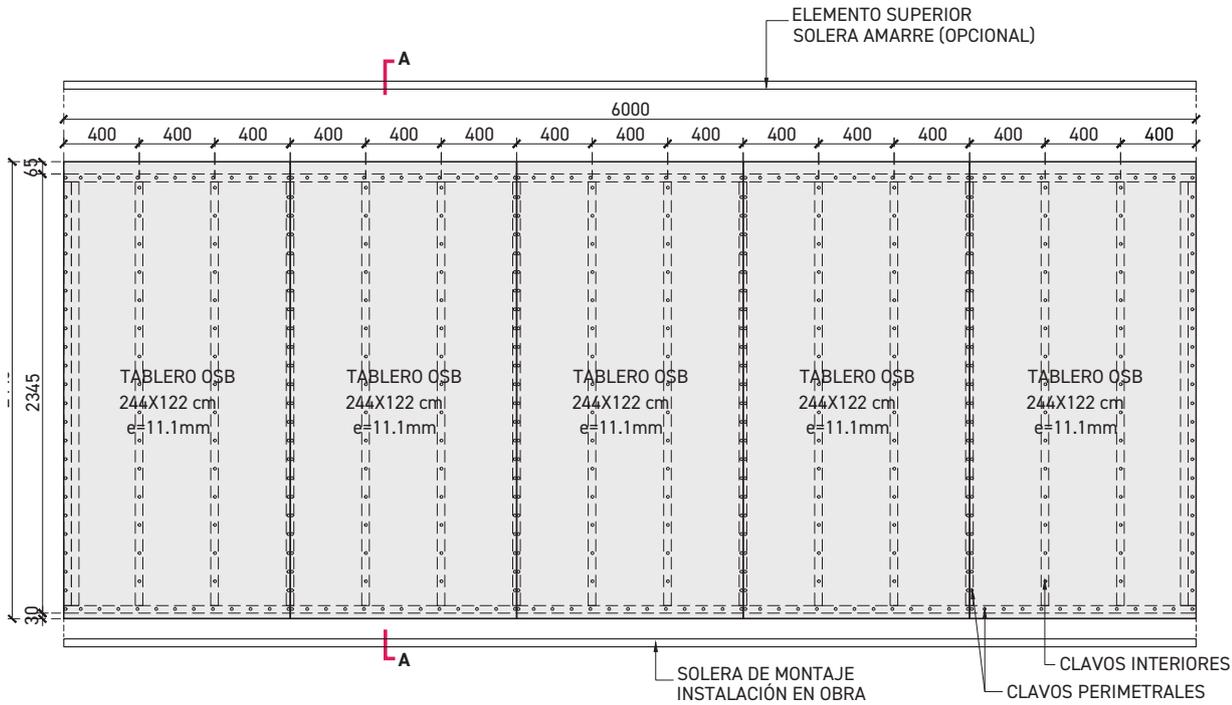
Se muestra la disposición de los pies derechos.

ANEXOS:

Para ver todos los paneles en detalle, ver anexo Planimetría de Ingeniería Estructural.

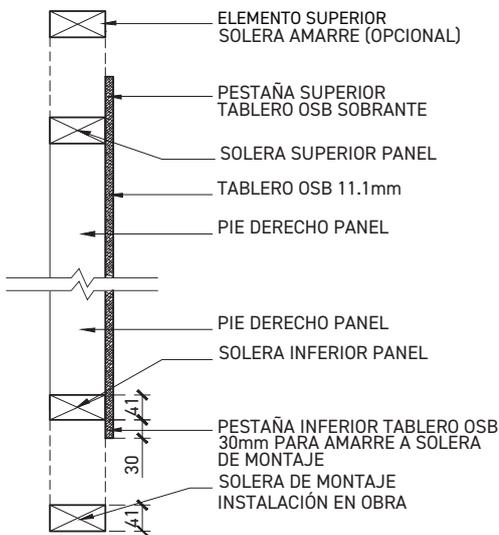
PANEL DE MURO INTERIOR PATRÓN INSTALACIÓN OSB.

Ejemplo de disposición y clavado del OSB al entramado de 2x4. Estos Tableros deben instalarse dejando una pestaña de al menos 30mm y que permita una cantería inferior de 10mm, dicha pestaña colabora a la fijación y anclaje del muro a esta solera y a los pisos. Así también se puede dejar una pestaña superior para aprovechar todo el tablero, el cual también colaborará al anclaje del muro con los elementos superiores como vigas, cerchas, etc.

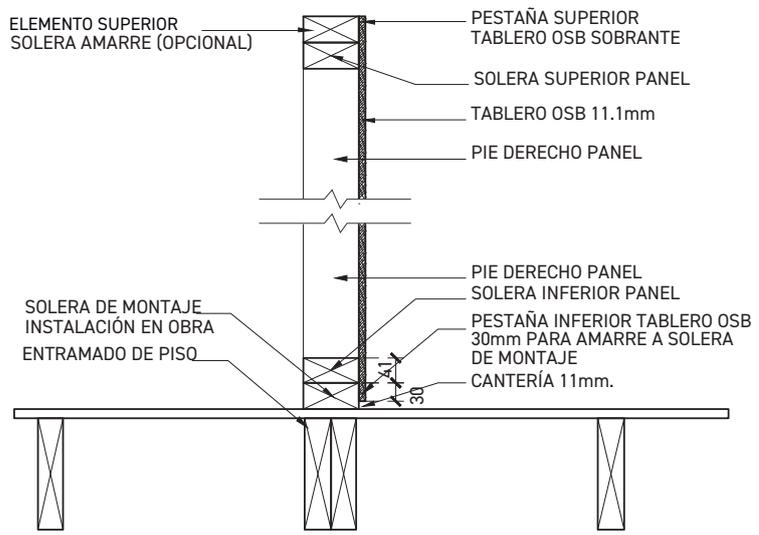


ELEVACIÓN ENTRAMADO DE MURO Y TABLEROS DE OSB.

Para un muro tipo de 6 metros se requieren 5 tableros de OSB, la disposición de los pies derechos puede variar según Ingeniería Estructural y el tamaño de la plancha, para que coincida el borde del OSB con el eje de un pie derecho interior. Estos tableros van fijadas con clavos perimetrales (por el perímetro de la plancha) y clavos interiores (por el interior de la plancha) y el distanciamiento entre estos clavos depende de Ingeniería Estructural como ya se mencionó anteriormente.



CORTE DETALLE A-A DESPLEGADO

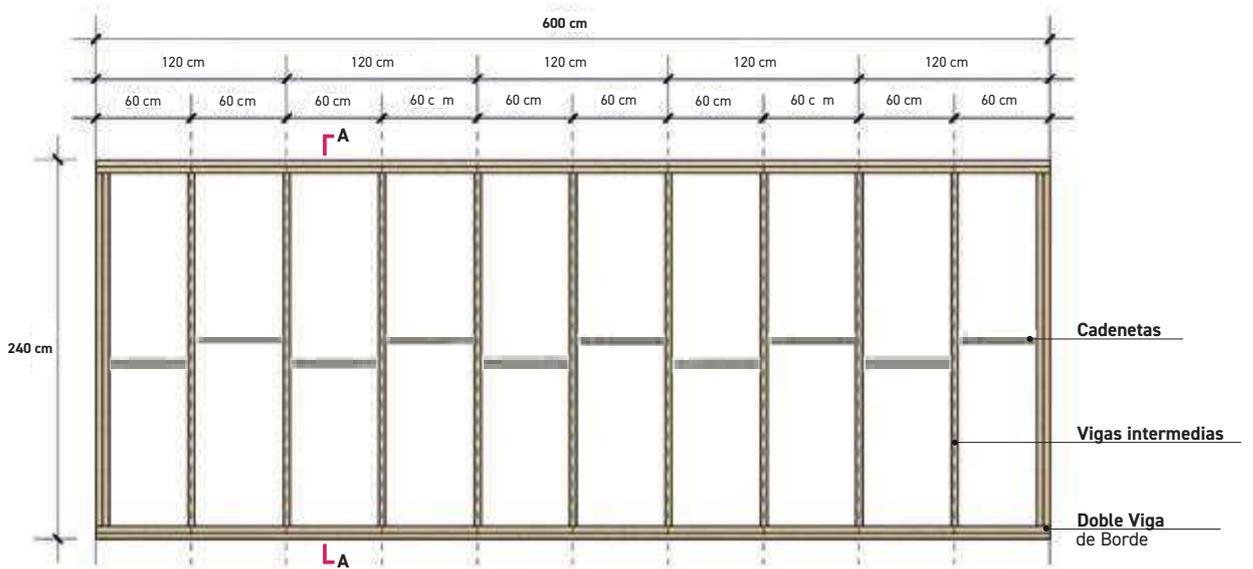


CORTE DETALLE A-A MONTADO

PANELES DE TECHUMBRE

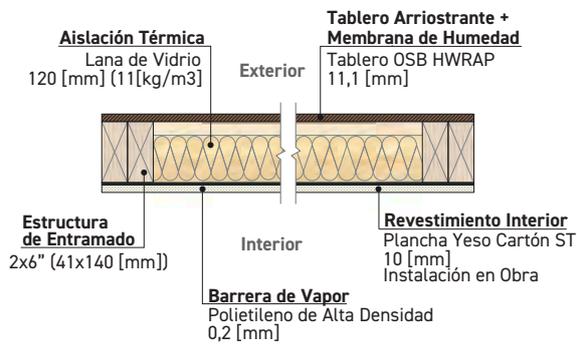
PANEL DE TECHO.

Ejemplo de entramado de panel de techo. Compuesto por listones de 2x6.



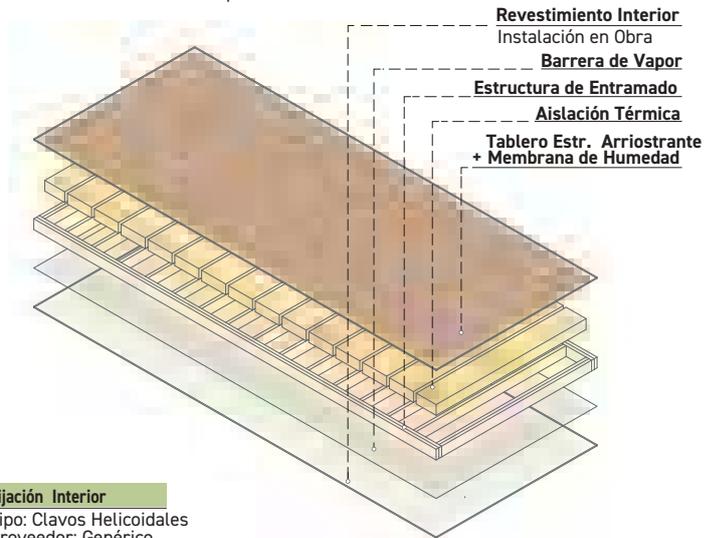
CORTE DETALLE A-A

Componentes panel de techo con terminación interior.



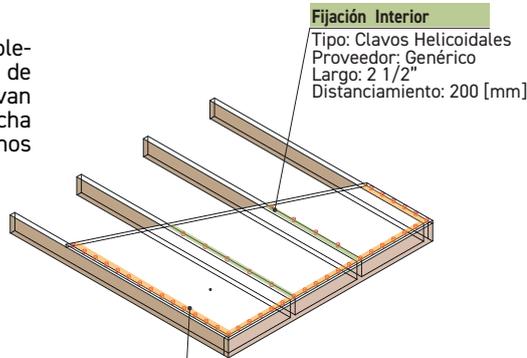
AXONOMÉTRICA DESPLEGADA DE PANEL DE TECHO

Solución constructiva del panel de techo completo con terminación interior. La terminación exterior irá por sobre el OSB.



FIJACIONES

Patrón de clavado de los tableros de OSB al entramado de techo. Todos los clavos que van por el perímetro de la plancha pueden variar según los planos de Ingeniería Estructural.



Fijación Interior
 Tipo: Clavos Helicoidales
 Proveedor: Genérico
 Largo: 2 1/2"
 Distanciamiento: 200 [mm]

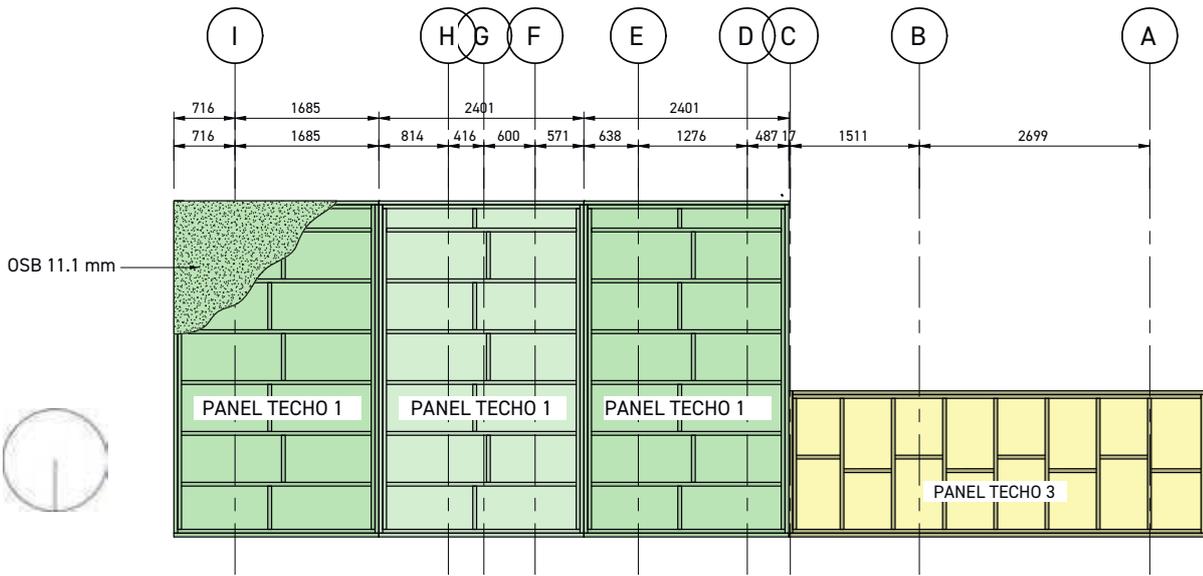
Fijación Perimetral
 Tipo: Clavos Helicoidales
 Proveedor: Genérico
 Largo: 2 1/2"
 Distanciamiento: 150-100-50 [mm]

ANEXOS:

Para ver todos los detalles constructivos y composiciones de los paneles, ver *Especificaciones Técnicas y planimetría de Arquitectura*.

PANEL DE TECHO VIVIENDA.

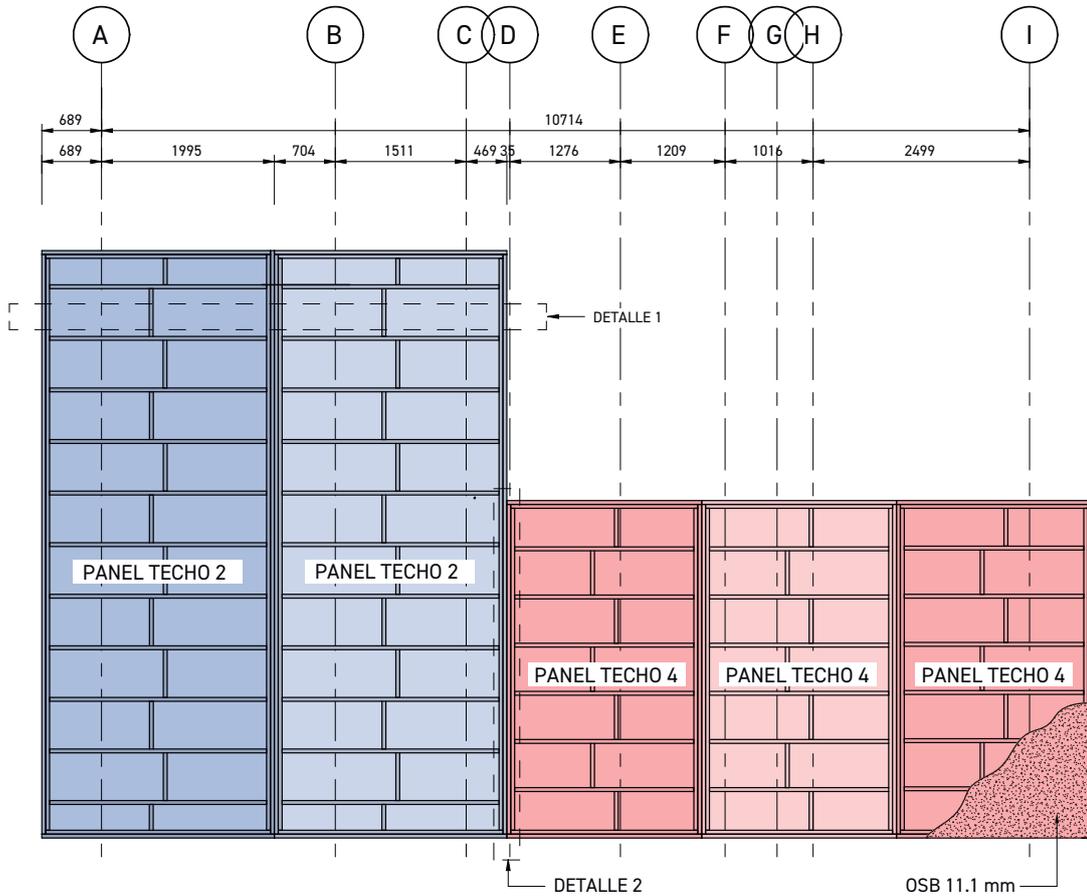
La cubierta está compuesta por 9 paneles en total compuestos en su totalidad por listones de 2x6. En total son 4 tipos de paneles.



CUBIERTA NORTE

El tramo norte de la cubierta está compuesta por 4 paneles en total de 2 tipos diferentes:

- 3 Paneles Techo 1 (Verde)
- 1 Panel Techo 3 (Amarillo)



ANEXOS:

Para ver todos los paneles en detalle, ver anexo Planimetría de Ingeniería Estructural.

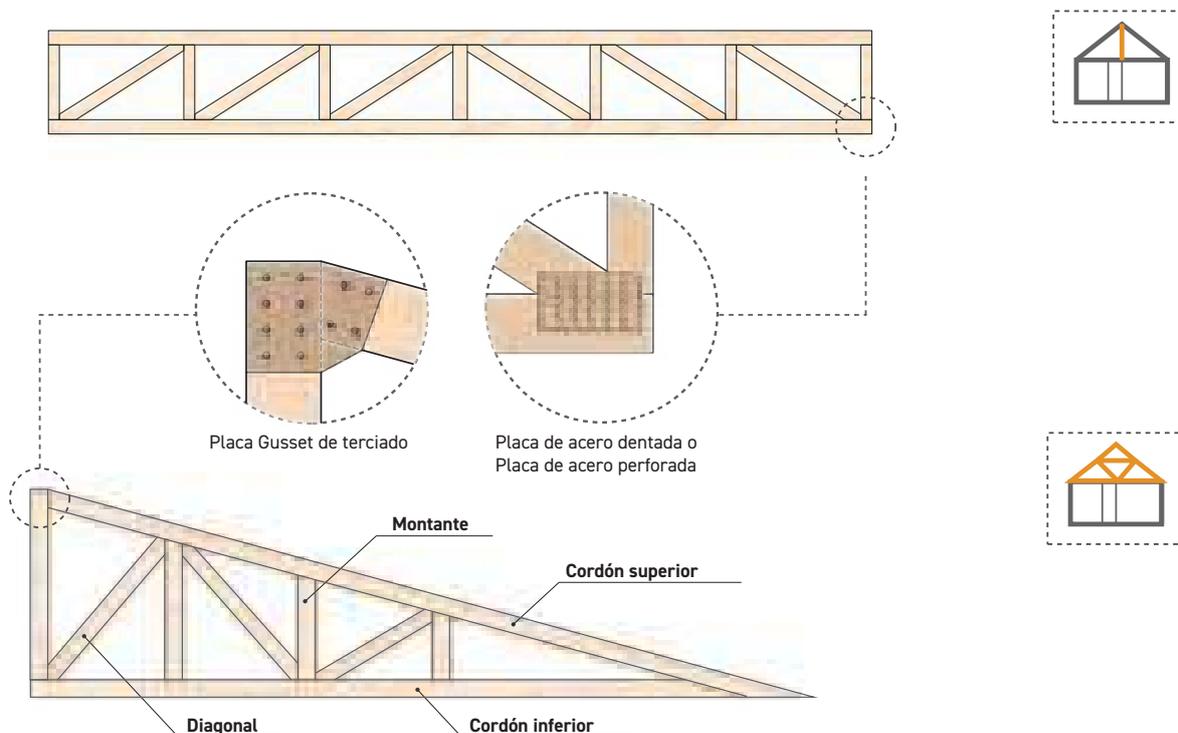
CERCHAS

Ejemplos de conexiones en cerchas. Las cerchas están compuestas por listones de 2x4 y en la unión entre sus distintos elementos se utilizan placas de acero para reforzar dichas uniones. Siempre estos elementos dependen de lo indicado por Ingeniería Estructural.

Para ver todos los detalles y elevaciones revisar anexo de Planimetrías de Ingeniería Estructural.

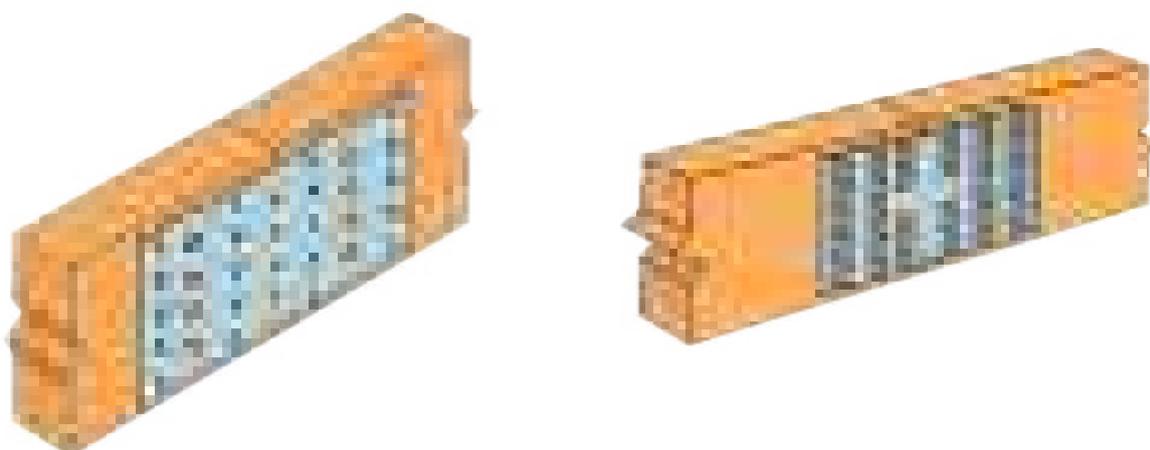
ELEVACIÓN CERCHAS PARALELAS A EJES NUMÉRICOS

Perpendiculares a la pendiente. Varían en su altura según la pendiente.



ELEVACIÓN CERCHAS PARALELAS A EJES ALFABÉTICOS

Paralelas a la pendiente, dan la pendiente a los paneles de techo.



DETALLE PLACA PERFORADA

Esta placa se utiliza para las uniones de cerchas y vigas. Consiste en una placa de acero perforada por la cual se utilizan clavos para fijarla a los listones de madera.

Fuente: Simpson Strong-Tie.

DETALLE PLACA DENTADA

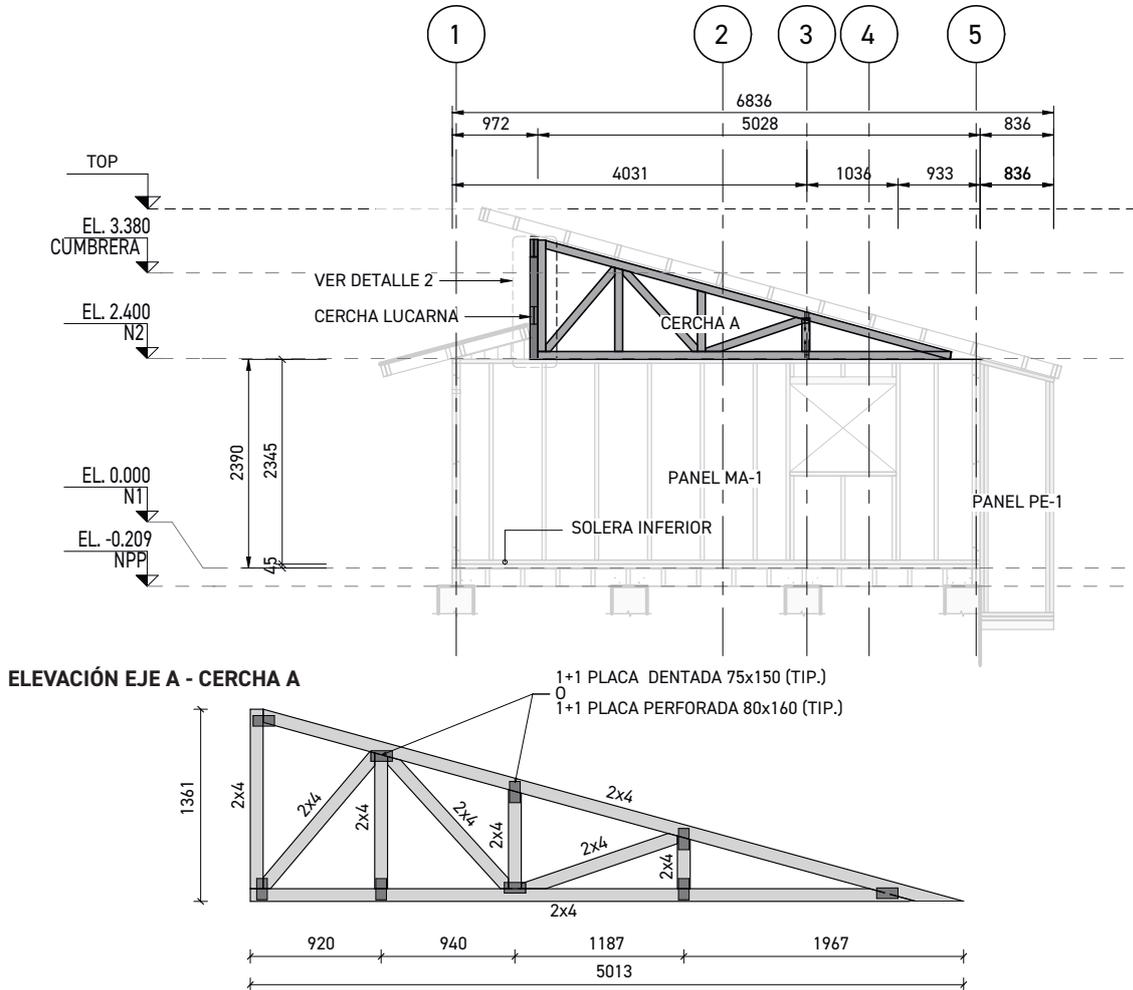
Esta placa se utiliza para las uniones de cerchas y vigas. Consiste en una placa de acero con cortes, dichos cortes se plegan y generan un entramado de dientes por el cual se incrustan y fijan a los listones de madera.

Fuente: Simpson Strong-Tie.

CERCHAS VIVIENDA.

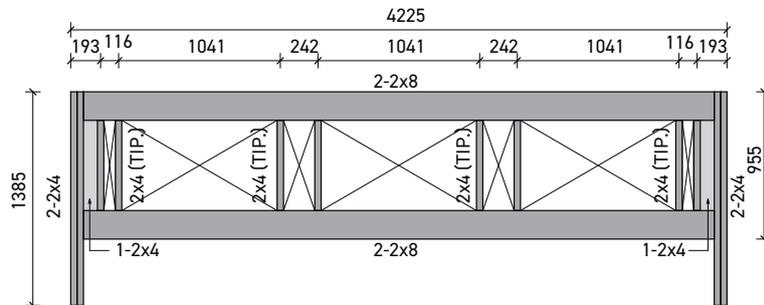
A continuación se muestran algunas elevaciones de cerchas correspondientes a la vivienda. Todas compuestas por listones de 2x4.

A excepción de algunas particularidades indicadas en planos, como por ejemplo la Cercha Lucarna.



ELEVACIÓN CERCHA A

Es una cercha tipo, de una sola pendiente (un agua) y que va a favor de la pendiente (paralela a la pendiente, ejes alfabéticos, por ende le otorga pendiente al techo).



ELEVACIÓN CERCHA LUCARNA

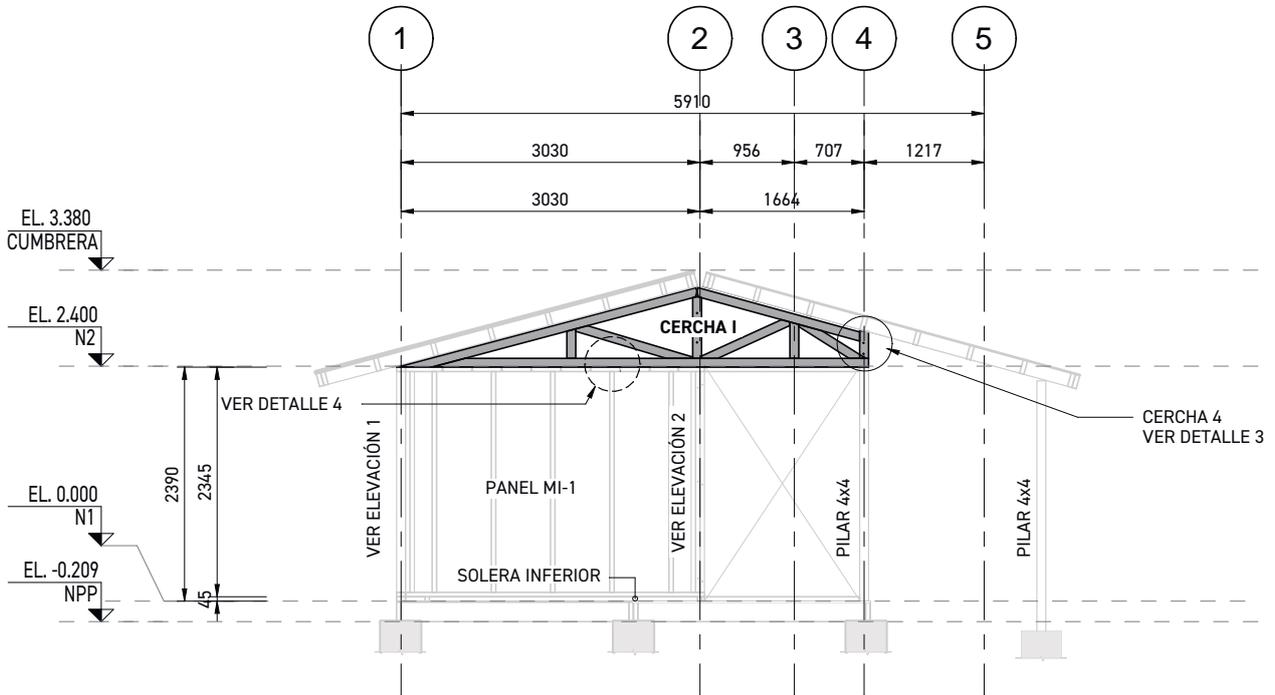
A diferencia de la anterior, esta es una cercha que va perpendicular a la pendiente (paralela a ejes numéricos), en éste caso en particular no tiene diagonales, y es la única que no tendrá en toda la vivienda, ya que esta cercha recibirá ventanas.

ANEXOS:

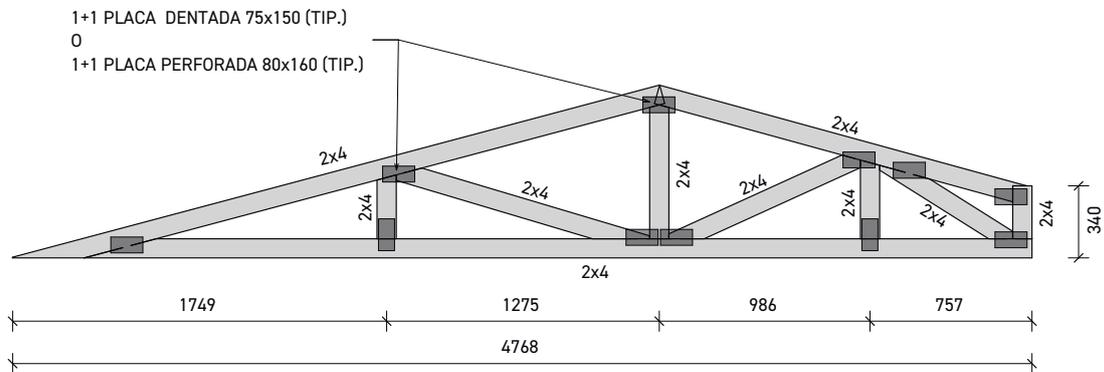
Para ver todas las cerchas en detalle, ver anexo *Planimetría de Ingeniería Estructural*.

CERCHAS VIVIENDA.

A continuación se muestran algunas elevaciones de cerchas correspondientes a la vivienda. Todas compuestas por listones de 2x4.



ELEVACIÓN EJE I - CERCHA I



ELEVACIÓN CERCHA I

Es una cercha tipo, de doble pendiente (dos agua) y que va a favor de la pendiente (paralela a la pendiente, ejes alfabéticos, por ende le otorga pendiente al techo).

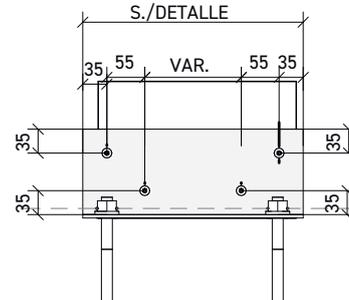
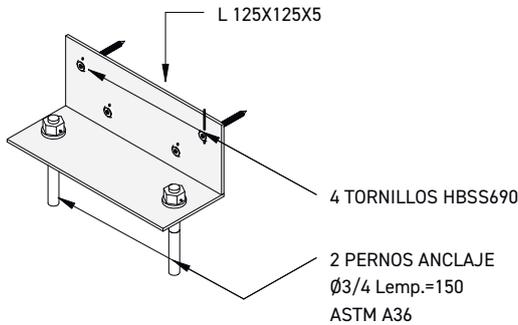
ANEXOS:

Para ver todas las cerchas en detalle, ver anexo *Planimetría de Ingeniería Estructural*.

DETALLES CONSTRUCTIVOS

CONEXIONES ENTRE FUNDACIONES Y PANELES DE PISO.

A continuación se muestran algunos de los detalles de conexiones de anclaje de los paneles de piso a las fundaciones. En este caso veremos la pletina PL-A que se ancla con 2 pernos a las fundaciones y con 4 tornillos a los paneles de piso.

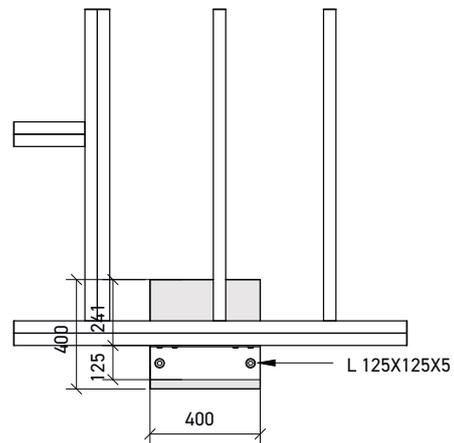
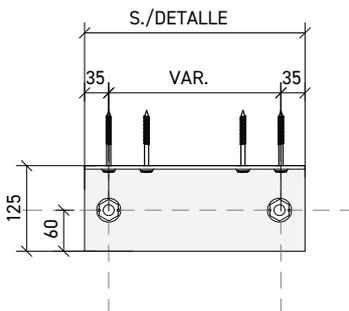


AXONOMÉTRICA PL-A

Consiste en una pletina en L de 125x125x5mm.

PLANTA PL-A CARA DE 4 TORNILLOS

Ésta cara será la que se ancle hacia los paneles de piso utilizando 4 tornillos con la disposición detallada.

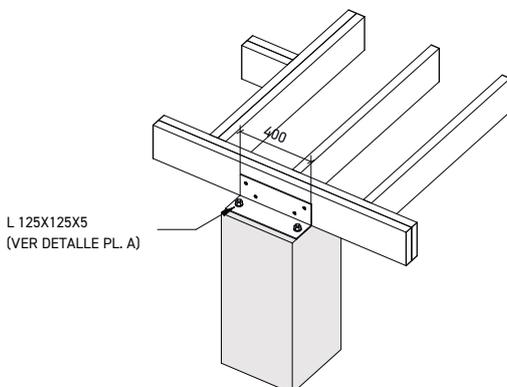


PLANTA PL-A CARA DE 2 PERNOS

Ésta cara será la que se ancle hacia las fundaciones con dos pernos de anclaje según se detalla.

PLANTA PL-A CARA DE 2 PERNOS

Ésta cara será la que se ancle hacia las fundaciones con dos pernos de anclaje según se detalla.



AXONOMÉTRICA APLICACIÓN DE PL-A PARA CONEXIÓN DE PANEL DE PISO A FUNDACIÓN

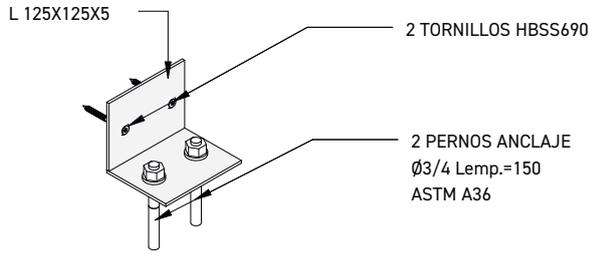
Aquí se puede apreciar como la cara de 2 pernos de anclaje va a la fundación y la cara de los 4 tornillos al panel de piso.

ANEXOS:

Para ver todos los detalles de pletinas, conexiones y ubicaciones, ver anexo *Planimetría de Ingeniería Estructural*.

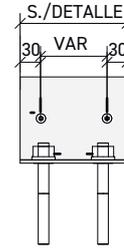
CONEXIONES ENTRE FUNDACIONES Y PANELES DE PISO.

A continuación se muestran algunos de los detalles de conexiones de anclaje de los paneles de piso a las fundaciones. En este caso veremos la pletina PL-B que se ancla con 2 pernos a las fundaciones y con 2 tornillos a los paneles de piso.



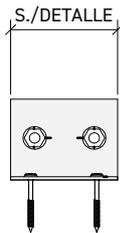
AXONOMÉTRICA PL-B

Consiste en una pletina en L de 125x125x5mm.



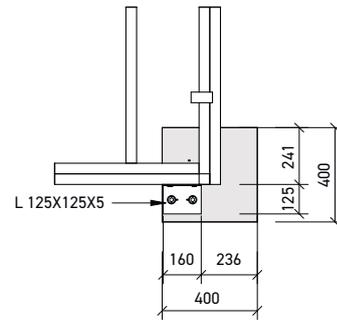
PLANTA PL-B CARA DE 2 TORNILLOS

Ésta cara será la que se ancle hacia los paneles de piso utilizando 2 tornillos con la disposición detallada.



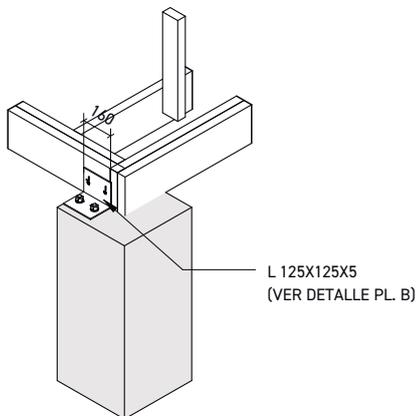
PLANTA PL-B CARA DE 2 PERNOS

Ésta cara será la que se ancle hacia las fundaciones con dos pernos de anclaje según se detalla.



PLANTA PL-B CARA DE 2 PERNOS

Ésta cara será la que se ancle hacia las fundaciones con dos pernos de anclaje según se detalla.



AXONOMÉTRICA APLICACIÓN DE PL-B PARA CONEXIÓN DE PANEL DE PISO A FUNDACIÓN

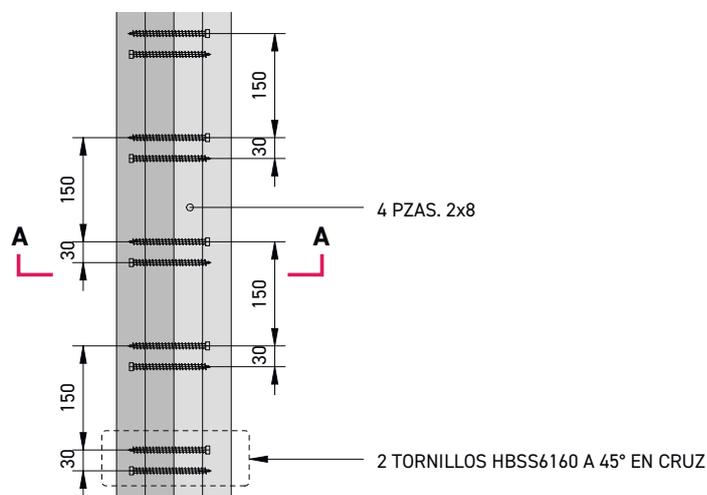
Aquí se puede apreciar como la cara de 2 pernos de anclaje va a la fundación y la cara de los 2 tornillos al panel de piso.

ANEXOS:

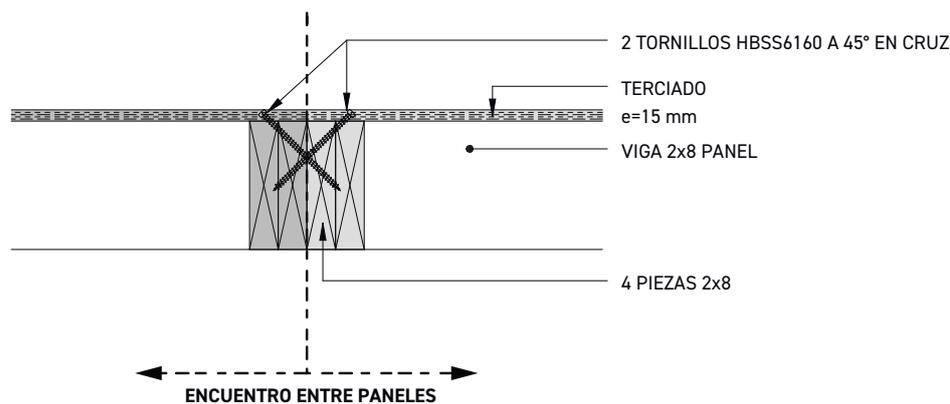
Para ver todos los detalles de pletinas, conexiones y ubicaciones, ver anexo *Planimetría de Ingeniería Estructural*.

CONEXIONES ENTRE PANELES DE PISO.

A continuación se muestra el detalle de conexiones entre paneles de piso.



PLANTA DETALLE 1 - CONEXIÓN ENTRE PANELES DE PISO



CORTE "A" DETALLE 1 - CONEXIÓN ENTRE PANELES DE PISO

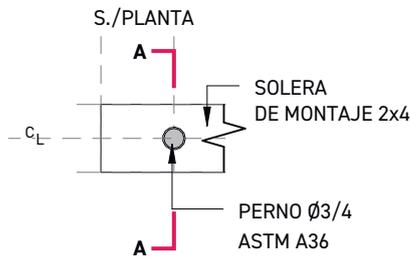
Los paneles se unen entre sí según se muestra en el Detalle 1, en pares con 2 tornillos en diagonal en 45°, cada uno en contra sentido y separados 30mm. Esto se repite a lo largo del encuentro entre paneles cada 150mm, como se puede apreciar en la planta.

ANEXOS:

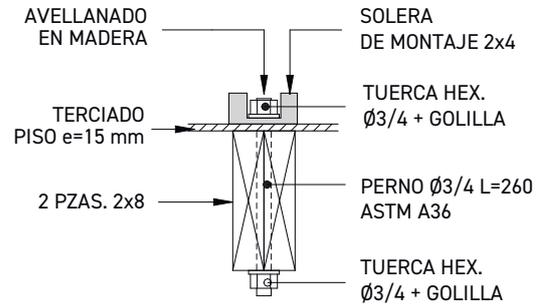
Para ver los detalles de conexiones, ver anexo *Planimetría de Ingeniería Estructural*.

CONEXIONES ENTRE SOLERAS DE MONTAJE A PANELES DE PISO.

Se detalla como se realiza el anclaje de las soleras de montaje a los paneles de piso, éstas se encargarán de recibir los paneles de muro prefabricados. Estas soleras se instalan en obra cuando los paneles de piso ya estén montados.



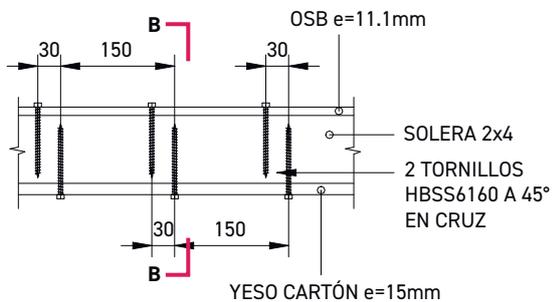
PLANTA DETALLE 1 - CONEXIÓN SOLERA A PANELES DE PISO.



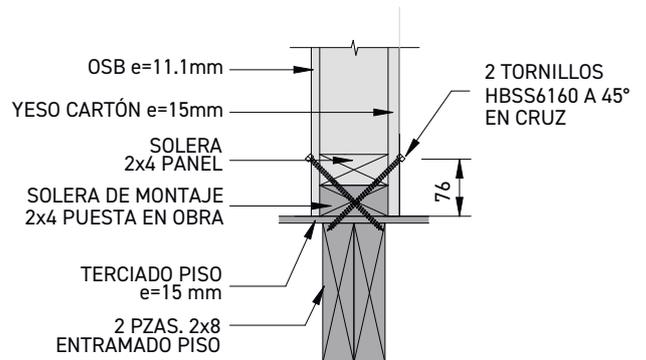
CORTE "A" DETALLE 1 - CONEXIÓN SOLERA A PANELES DE PISO.

CONEXIONES DE PANEL DE MURO A SOLERA DE MONTAJE.

Los paneles prefabricados se anclan a las soleras de piso a través de tornillos en sentido diagonal, procurando tomar la solera inferior y la solera de montaje. Cabe señalar, que en los paneles de muro, el OSB se instala quedando con una pestaña pasada de la solera inferior, pestaña que ayudará al anclaje del muro a la solera de montaje, como se aprecia en el detalle. El revestimiento interior (yeso cartón) también se instala desde la solera de anclaje.



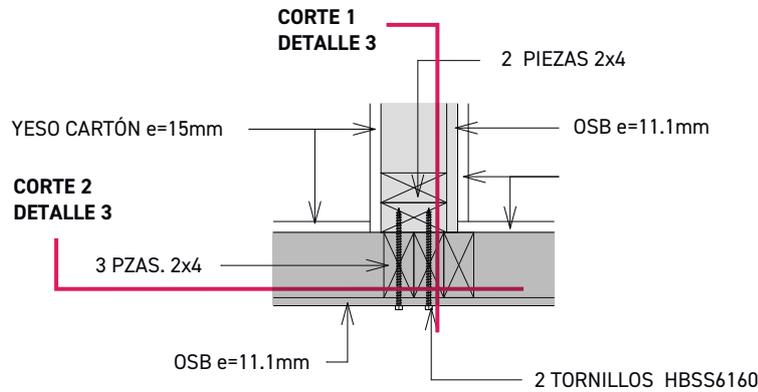
PLANTA DETALLE 2 - CONEXIÓN PANEL DE MURO A SOLERA DE MONTAJE.



CORTE "B" DETALLE 2 - CONEXIÓN PANEL DE MURO A SOLERA DE MONTAJE.

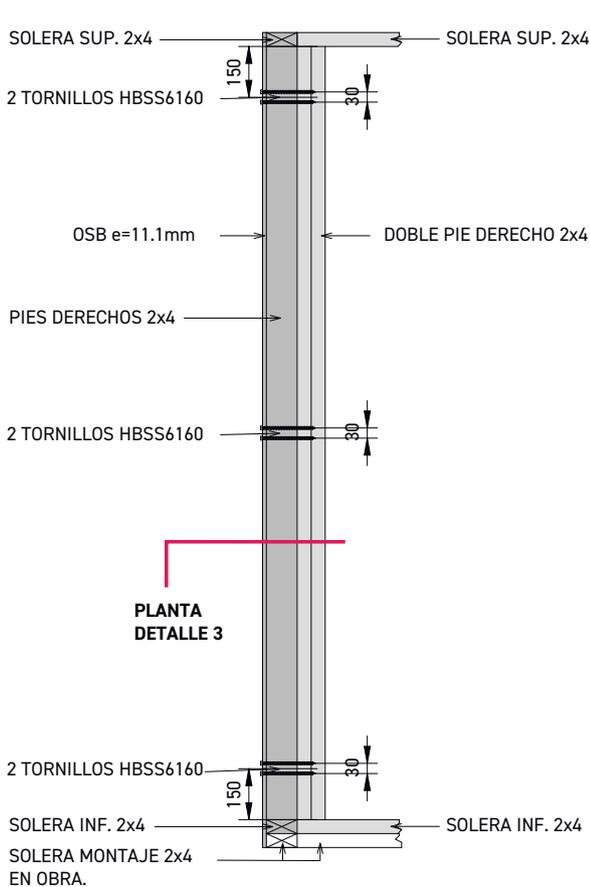
CONEXIONES ENCUENTRO ENTRE PANELES DE MUROS EN "T".

Hay dos tipos de conexiones que se pueden dar entre paneles de muros, en "T" y en "L". El sistema es el mismo y consiste en tornillos que atraviesan ambos pies derechos del interior de uno de los paneles para conectarlos con los dos laterales del otro panel.



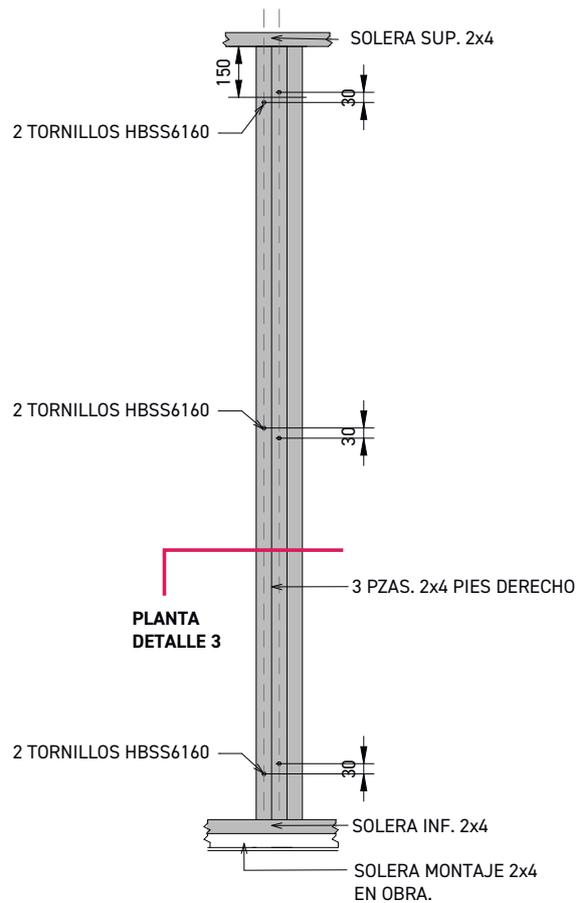
PLANTA DETALLE 3 - CONEXIÓN ENTRE PANELES DE MURO EN "T"

Los tornillos se insertan desde el panel que pasa continuo hacia el panel que llega en perpendicular, dichos tornillos pasan por el eje de los pies derechos hacia el pie derecho lateral del otro panel.



CORTE 1 DETALLE 3

Los tornillos se insertan con un desfase de 30mm en sentido vertical.

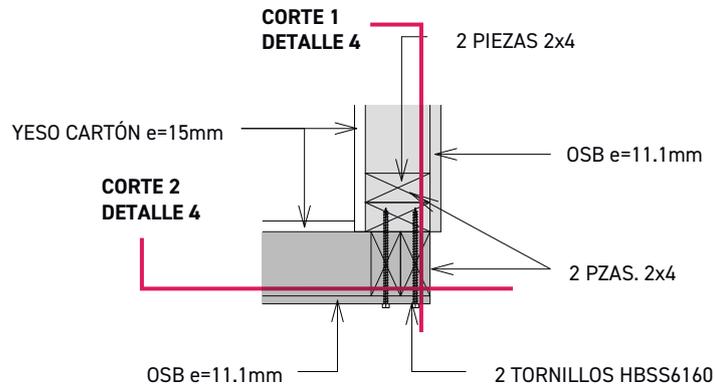


CORTE 2 DETALLE 3

Los tornillos se insertan con un desfase de 30mm en sentido vertical.

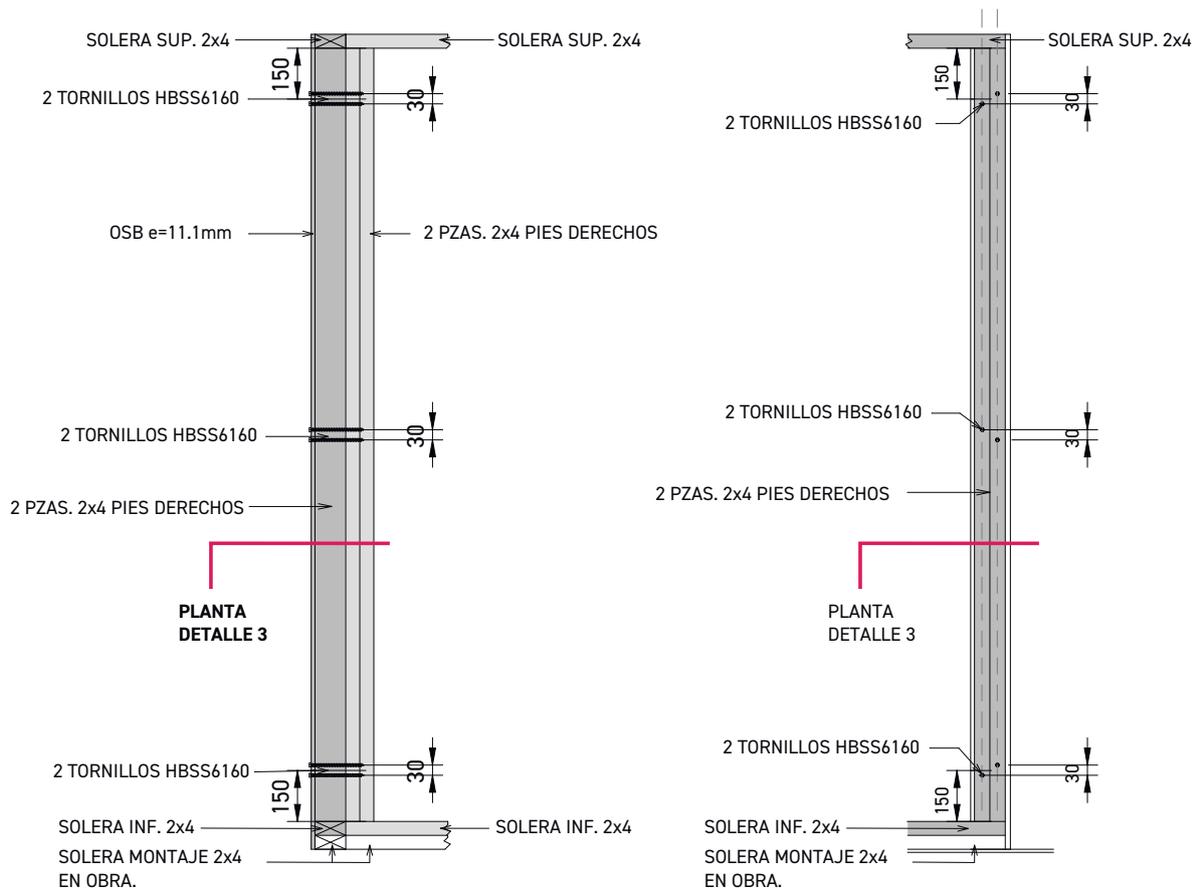
CONEXIONES ENCUENTRO ENTRE PANELES DE MUROS EN “L”.

Hay dos tipos de conexiones que se pueden dar entre paneles de muros, en “T” y en “L”. El sistema es el mismo y consiste en tornillos que atraviesan ambos pies derechos del interior de uno de los paneles para conectarlos con los dos laterales del otro panel.



PLANTA DETALLE 4 - CONEXIÓN ENTRE PANELES DE MURO EN “L”

Los tornillos se insertan desde el panel que pasa continuo hacia el panel que llega en perpendicular, dichos tornillos pasan por el eje de los pies derechos hacia el pie derecho lateral del otro panel.



CORTE 1 DETALLE 4

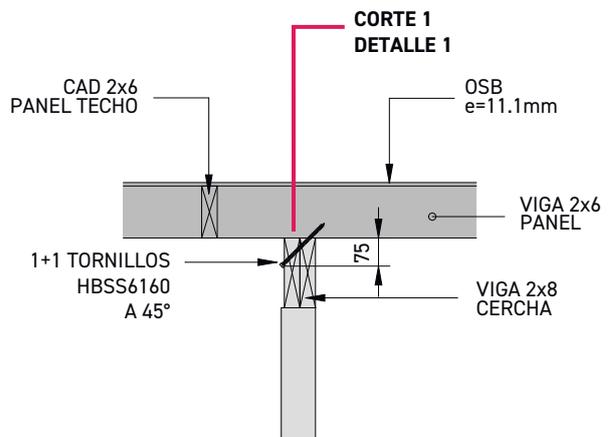
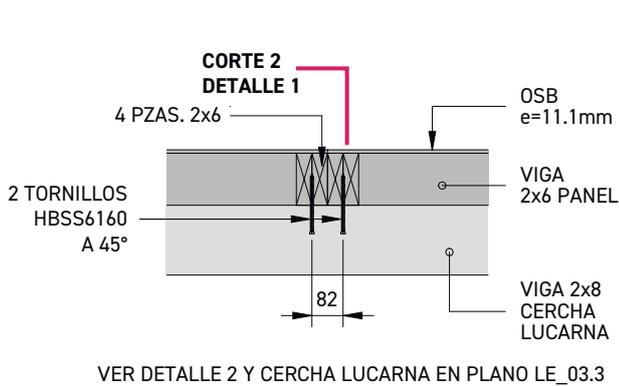
Los tornillos se insertan con un desfase de 30mm en sentido vertical.

CORTE 2 DETALLE 4

Los tornillos se insertan con un desfase de 30mm en sentido vertical.

CONEXIONES ENTRE PANELES DE TECHO A MUROS Y CERCHAS.

Se muestran las plantas y cortes correspondientes a los DETALLE 1 Y DETALLE 2 de la panelización de cubierta.

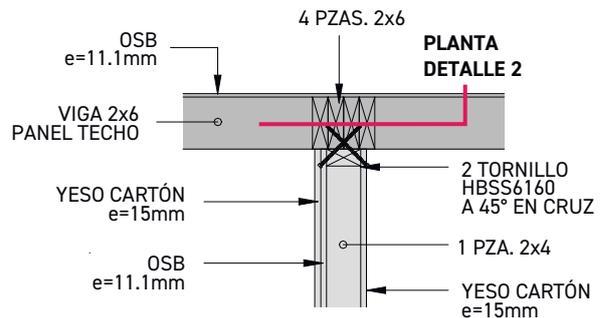
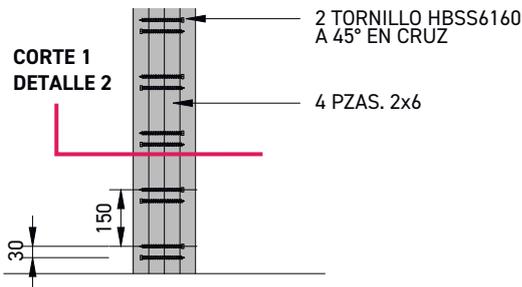


CORTE 1 DETALLE 1 - UNIÓN PANEL DE TECHO CON CERCHAS

Los tornillos se insertan desde las cerchas hacia los paneles de techo con tornillos en 45°.

CORTE 2 DETALLE 1 - UNIÓN PANEL DE TECHO CON CERCHAS

Los tornillos se insertan desde las cerchas hacia los paneles de techo con tornillos en 45°.



PLANTA DETALLE 2 - UNIÓN PANEL DE TECHO CON MUROS

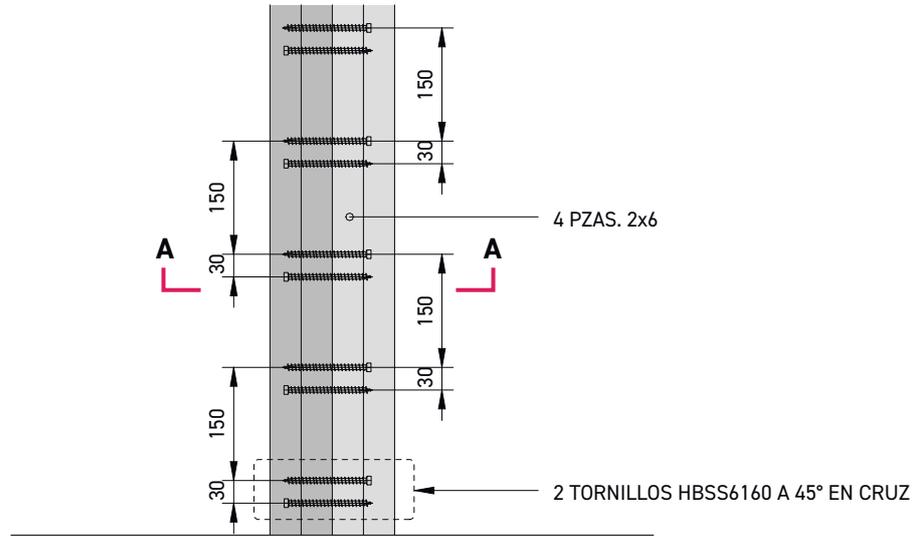
Los tornillos se insertan desde las la solera superior de los paneles de muros hacia los paneles de techo con tornillos en 45°.

CORTE 1 DETALLE 2 - UNIÓN PANEL DE TECHO CON MUROS

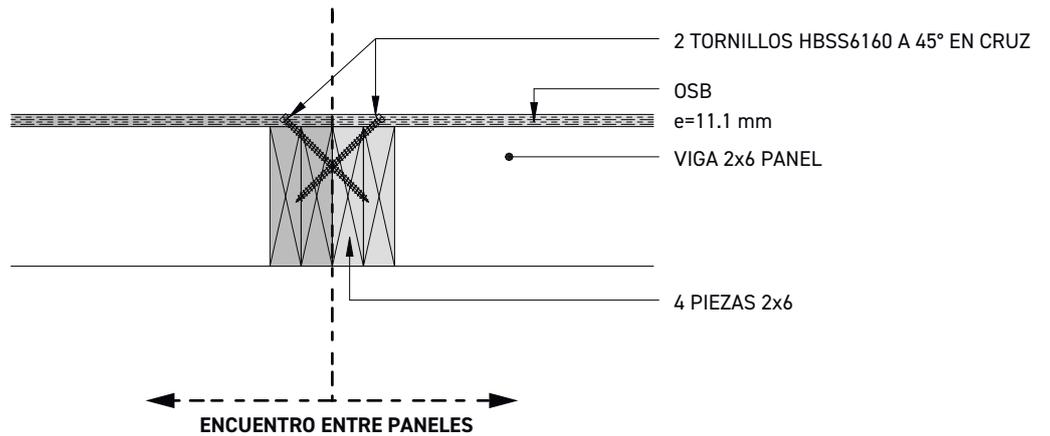
Los tornillos se insertan desde las la solera superior de los paneles de muros hacia los paneles de techo con tornillos en 45°.

CONEXIONES ENTRE PANELES DE TECHO.

A continuación se muestra el detalle de conexiones entre paneles de techo.



PLANTA DETALLE 1 - CONEXIÓN ENTRE PANELES DE TECHO



CORTE "A" DETALLE 1 - CONEXIÓN ENTRE PANELES DE TECHO

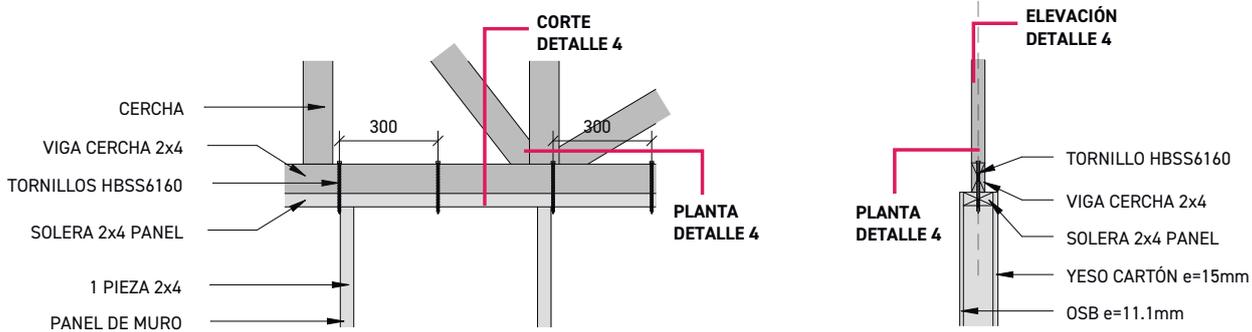
Los paneles se unen entre sí según se muestra en el Detalle 1, en pares con 2 tornillos en diagonal en 45°, cada uno en contra sentido y separados 30mm. Esto se repite a lo largo del encuentro entre paneles cada 150mm, como se puede apreciar en la planta.

ANEXOS:

Para ver los detalles de conexiones, ver anexo *Planimetría de Ingeniería Estructural*.

CONEXIONES DE VIGAS Y CERCHAS.

Se muestran detalles correspondientes a las uniones entre vigas, cerchas y muros.

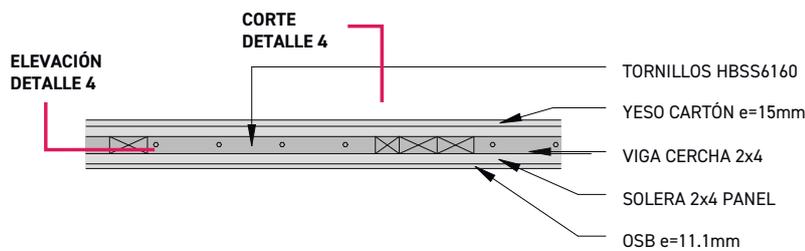


ELEVACIÓN DETALLE 4 - UNIÓN CERCHAS A MUROS

Los tornillos se insertan desde las soleras superiores de los paneles de muros hacia las cerchas.

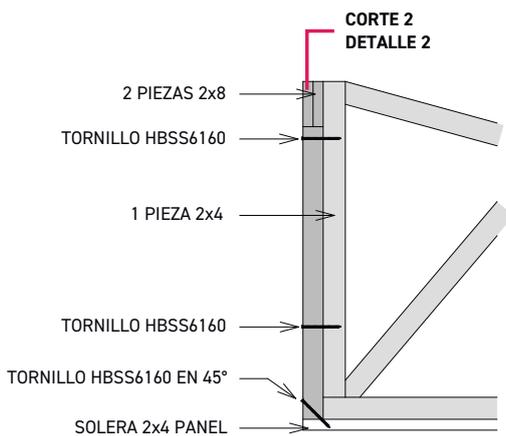
CORTE DETALLE 4 - UNIÓN CERCHAS A MUROS

Los tornillos se insertan desde cerchas hacia las soleras superiores del muro.



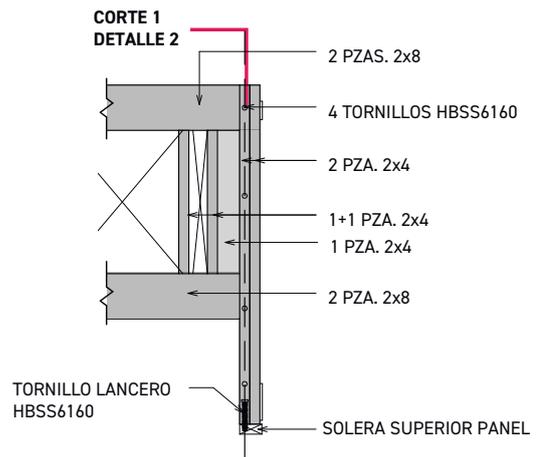
PLANTA DETALLE 4 - UNIÓN CERCHAS A MUROS

Los tornillos se insertan desde las soleras superiores de los paneles de muros hacia las cerchas.



CORTE 1 DETALLE 2 - UNIÓN ENTRE CERCHA LUCARNA Y CERCHA A

Los tornillos se insertan desde la cercha lucarna hacia la cercha A, además se pasa un tornillo en 45° hacia la soleira superior del muro.



CORTE 2 DETALLE 2

Los tornillos se insertan desde la cercha lucarna hacia la cercha A, además se pasa un tornillo en 45° hacia la soleira superior del muro.

TRANSPORTE Y MONTAJE



TRANSPORTE

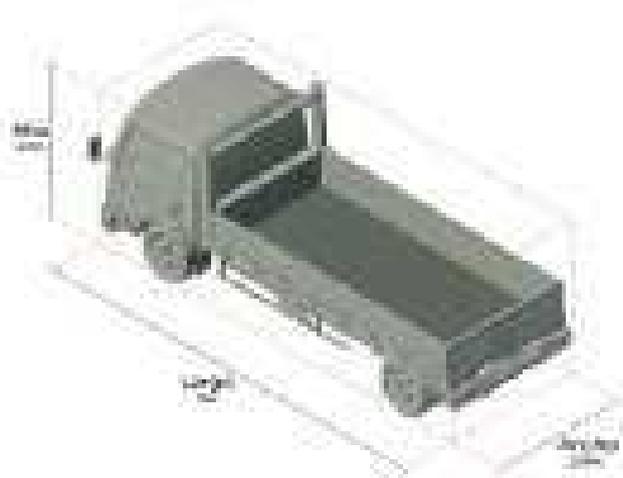
La normativa establece las dimensiones máximas que puede alcanzar un vehículo sin necesitar escolta policial: 2,60m de ancho con o sin carga, 4,20m de altura desde el piso y 11m de largo total, por lo que el diseño de paneles debe considerar estas dimensiones.

Por otro lado, la planificación debe considerar la ruta, anchos y pesos máximos permitidos, altura de la carga, estado de las calles y los horarios de desplazamiento.

Resulta relevante conocer el estado de la ruta de transporte, debido a que los revestimientos y elementos delicados de los paneles podrían resultar afectados durante un desplazamiento en rutas en mal estado o caminos rurales. Por estos motivos, se recomienda el uso de elementos de protección en esquinas y bordes de paneles, para proteger los materiales de terminación de posibles daños resultantes del proceso de transporte, además de protección frente a la lluvia y viento.

En cuanto al proceso de izaje de paneles, debe considerarse la forma en que serán trasladados dentro del camión (horizontal o verticalmente) y el espacio disponible dentro del terreno para maniobrar la grúa y disponer los paneles. En el mercado existen diferentes alternativas de anclaje que facilitan el transporte de elementos de made-

ra. El tipo de izaje debe permitir un transporte ordenado y con balance de cargas para no afectar la estructura o dificultar el montaje. Debido a los costos asociados al uso de grúa, debe existir planificación para optimizar su uso



DIMENSIONES MÁXIMAS DEFINIDAS PARA EL DESPLAZAMIENTO DE VEHÍCULOS

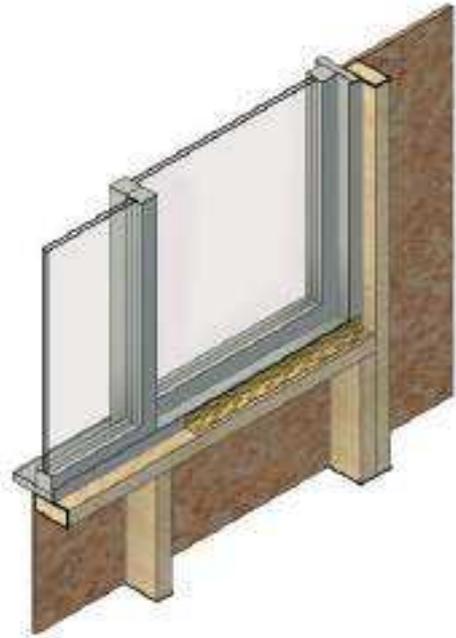
El vehículo de transporte no debe exceder los 11 metros de largo, 2,6 metros de ancho y una altura de 4,2 metros.

MONTAJE

En relación a especialidades, debido al diámetro de los ductos sanitarios, en algunos casos resulta conveniente el uso de shafts, con dimensiones sugeridas por el especialista. De esta manera, se evitan cruces entre especialidades y estructura, que podrían debilitar el comportamiento estructural de los elementos.

En el caso de paneles de muro que posean revestimiento por ambas caras, se requerirá una abertura en el revestimiento que permita conectar los ductos eléctricos, sanitarios o de otras especialidades, entre paneles, cuando se requiera este tipo de conexión.

Finalmente, la construcción con paneles podría generar brechas entre elementos mayores a las generadas con la construcción tradicional. Por este motivo, debe incorporarse el uso de cintas, sellos y adhesivos que permitan aumentar los niveles de hermeticidad y comportamiento térmico de la vivienda. En elementos prefabricados, los elementos del entramado como membranas de humedad y vapor deben sobresalir y permitir el traslape en obra para evitar infiltraciones.



SELLO EN ENCUENTRO PANEL - VENTANA

Se deben instalar sellos por todo el perímetro del encuentro entre ventana y paneles para asegurar la hermeticidad de éste.



PUNTOS DE IZAJE DE PANELES

Como se puede apreciar en la imagen el punto de izaje debe ser desde los vértices superiores de los paneles a montar.

IMÁGENES VIVIENDA

Las imágenes que se presentan a continuación corresponden a como se verá la casa construída. El color del revestimiento podría variar dependiendo del revestimiento utilizado.



VISTA SUR-ORIENTE



ELEVACIÓN SUR



ELEVACIÓN NORTE



ELEVACIÓN PONIENTE



ELEVACIÓN ORIENTE



CORTE LONGITUDINAL



CORTE TRANSVERSAL 01



CORTE TRANSVERSAL 02

CONSIDERACIONES ESPECIALES

CONSIDERACIONES GENERALES:

En el caso en que el proceso de prefabricación implique la instalación de ventanas o revestimientos frágiles, se deben considerar elementos auxiliares y estructuras secundarias que permitan el transporte de los paneles en disposición vertical para evitar cualquier tipo de daño en éstos.

CONSIDERACIONES PANELES DE PISO:

1. Dependiendo de la zona de emplazamiento del proyecto, es posible aumentar el espesor total de la lana de vidrio para aumentar el estándar térmico de la solución.
2. El uso de cadenetas debe ser evaluado junto a empresa panelizadora, debido a que algunos sistemas de optimización no las consideran.
3. Para la ejecución de proyectos residenciales debe realizarse una revisión de la normativa de resistencia al fuego y realizar las modificaciones respectivas para su cumplimiento.
4. Las especificaciones corresponden a soluciones de Diseña Madera.

CONSIDERACIONES PANELES DE MURO PERIMETRAL:

1. Dependiendo de las cargas y la escala del proyecto, en algunos casos es posible prescindir de la solera de amarre.
2. Debe evaluarse el sistema de conexión de ductos de instalaciones, para determinar si es necesario proyectar una abertura en uno de los revestimientos, que permita realizar la conexión.
3. El uso de tableros arriostrantes que contienen membrana de humedad podrían agilizar el proceso de montaje.
4. La ubicación de los vanos es referencial y puede modificarse, dependiendo de las necesidades del proyecto.
5. La incorporación de ventanas en fábrica debe evaluarse considerando las condiciones del camino y el cuidado y estabilidad de los paños de vidrio.

6. La tolerancia de la estructura que compone el vano debe considerar el uso de sellos para evitar infiltraciones de aire y facilitar la instalación de ventanas en obra, si es el caso.
7. Uso de doble dintel de canto: Permite estructurar el vano.
8. Generar segmento libre sobre el vano: Facilita la canalización de ductos de especialidades.
9. Las especificaciones corresponden a soluciones de Diseña Madera.

CONSIDERACIONES MURO INTERIOR

1. No cortar soleras inferiores en el tramo correspondiente al vano: Esta operación permitiría cuidar la estabilidad estructural del panel y proteger los elementos de terminación durante el transporte.
2. Por temas de calidad durante el transporte es recomendable instalar la huincha de yeso cartón inferior final en terreno.
3. Uso de doble dintel de canto: Permite estructurar el vano.
4. Generar segmento libre sobre el vano: Facilita la canalización de ductos de especialidades.
5. La ubicación del vano es referencial y puede variar en función de las necesidades del proyecto.
6. Las especificaciones corresponden a soluciones de Diseña Madera.

CONSIDERACIONES PANELES DE TECHUMBRE

1. Dependiendo de la zona de emplazamiento del proyecto, es posible aumentar el espesor total de la lana de vidrio para aumentar el estándar térmico de la solución.
2. El uso de cadenetas debe ser evaluado junto a empresa panelizadora, debido a que algunos sistemas de optimización no las consideran.
3. Las especificaciones corresponden a soluciones de Diseña Madera.

CONCLUSIONES

Este documento presenta algunas alternativas de desarrollo de productos con madera que pueden ser comercializados para obtener un mayor valor. La implementación de líneas de negocios con productos más elaborados permite mitigar el riesgo a través de la diversificación. Sin embargo, es importante destacar la necesidad de evaluar las oportunidades de mercado para estos desarrollos y elaborar estrategias de mercadotecnia adaptadas al tipo de producto que se está desarrollando.

En relación con el modelo de vivienda rural proporcionado, es crucial comprender completamente el desarrollo de este manual y tener un entendimiento preciso de los proyectos de arquitectura y estructuras para su correcta ejecución. Este proyecto cuenta con características de diseño arquitectónico que están orientadas a un buen desempeño higrotérmico de la vivienda, además de ofrecer un alto valor estético en comparación con los productos existentes actualmente para el mismo subsidio habitacional ofrecido por otras entidades.

Además, su diseño está desarrollado según la metodología DFMA (Diseño para Manufactura y Ensamble), que se refiere a un proceso de diseño que incorpora criterios orientados a simplificar los procesos de todo el ciclo de construcción, desde la manufactura hasta el montaje. Esto implica que es posible lograr una gran facilidad de fabricación y ensamblaje, lo que hace que esta vivienda sea muy competitiva para cumplir con los subsidios habitacionales del programa de habitabilidad rural D.S. 10.

Para que esta vivienda pueda ser aplicada como respuesta al subsidio habitacional mencionado, es imperativo que la fabricación se realice de acuerdo con la información de cálculo estructural y que la madera utilizada tenga la clasificación estructural correspondiente, verificable mediante certificados. Los mandantes son organismos públicos que se rigen por las normativas vigentes y los requisitos técnicos de estos programas para su aprobación.

Por lo tanto, además del manual que detalla la conformación de todos los tipos de soluciones constructivas a través de vistas axonométricas desplegadas, esquemas de estructuras, detalles de conexiones y otros, se entrega un legajo completo de planos del proyecto en sus especialidades de arquitectura, ingeniería estructural e instalaciones.

No obstante, es de suma importancia que los proyectos entregados pasen por un proceso de revisión para adaptarse a las condiciones específicas de cada terreno y las normativas locales que podrían aplicarse según la ubicación de la vivienda o eventuales modificaciones o actualizaciones normativas. Para esto, es recomendable la participación de profesionales competentes dentro de los respectivos desarrollos para asegurar la viabilidad de las soluciones de vivienda.





INFORME 4:
INFORME TÉCNICO-ECONÓMICO

INTRODUCCIÓN



El presente documento tiene por objetivo el estudio de un proyecto de aplicación de planta industrializada, analizando parámetros técnicos, administrativos y económicos para poder entregar una línea de base que permita a empresas asociadas a la industria del aserrío en la región del Maule, optar al desarrollo de este tipo de plantas industriales, en línea con la demanda potencial de mercado que se desarrolla en esta y regiones aledañas, por productos de vivienda social proveniente de parte de los diversos subsidios existentes mencionados en capítulos anteriores.

Para este estudio, se realizará un análisis de la cadena de valor de la construcción industrializada, dando a conocer a los actores claves, las forma de establecer contratos para la entrega de proyectos de construcción de forma eficiente e innovadora, y las consideraciones y características de este tipo de contratos.

Por otra parte, se presentará un modelo de Industrialización que considera el desarrollo de un conjunto de desafíos técnicos para la habilitación en la industria, y se complementa con la información del costo referencial para la inversión de una línea de industrialización.

Se realiza también un análisis de la asociatividad para el encadenamiento productivo, como una herramienta que será esencial para que se puedan llevar adelante estos proyectos, describiendo sus características y ventajas.

Dentro de las oportunidades interesantes de abordar al desarrollar una planta industrializadora, ese puede mencionar la ventaja de desarrollar viviendas que puedan ser incorporadas al catálogo DITEC, o a los catálogos de soluciones constructivas para vivienda rural. Además de generar una línea base en el conocimiento para que en el mediano-largo plazo, puedan desarrollar proyectos habitacionales en altura con tecnología de entramado ligero.

Como complemento, se anexa a este documento una estructura de base para habilitarse en servicios de montaje, tomando en cuenta consideraciones generales respecto aspectos técnicos, administrativos y legales para desarrollar una estructura sostenible para la operación.

Cadena de valor

La industria opera a través de varios eslabones, donde se combinan materias primas, servicios, procesos y transformaciones que dan como resultado un producto elaborado para su consumo. Todas estas etapas, actores y servicios se organizan en lo que se conoce como “cadena de valor”, que representa el valor agregado al producto en cada transformación que ocurre durante la producción. En el ámbito de la construcción, la captura de valor se extiende desde la adquisición de materias primas hasta la entrega de edificaciones operativas y su comercialización inmobiliaria.

Para efectos del sector de la construcción industrializada, la cadena de valor se presentará según las etapas que se describen a continuación:

Arquitectura:

Esta etapa implica la concepción y el diseño de los proyectos de construcción. Los arquitectos desarrollan proyectos utilizando la metodología DFMA (Diseño para la Fabricación y Montaje, por sus siglas en inglés) a través de software de desarrollo BIM para la elaboración de modelos, planos y diseños que cumplen con los requisitos estéticos, funcionales y estructurales del proyecto. Al considerar la metodología DFMA, es relevante incorporar a actores de etapas posteriores de la cadena de valor, como ingeniería e industrialización, para asegurar que la propuesta sea compatible con su aplicación mediante industrialización y que sea eficiente para ello, minimizando tiempos en fábrica y obra, y reduciendo al mínimo posible el desperdicio.

Ingeniería:

En esta etapa, se lleva a cabo la ingeniería estructural y civil del proyecto. Los ingenieros realizan cálculos detallados para garantizar que el diseño arquitectónico sea seguro y cumpla con los estándares de construcción. Esto implica la determinación de la resistencia de los materiales, el análisis de cargas y la planificación de sistemas de soporte y fundación. Además, se llevan a cabo revisiones pertinentes para la correcta incorporación de instalaciones y servicios de la estructura, como electricidad, instalaciones sanitarias, instalaciones hidráulicas, sistemas de aire acondicionado, seguridad y CCTV, entre otros.

Estos procesos se realizan en una iteración continua con el desarrollador principal de arquitectura para asegurar que no existan interferencias en la instalación y que posteriormente el montaje de todo se realice en una secuencia lógica que permita la mayor eficiencia posible en la obra.

Industrialización:

La industrialización en el contexto de la construcción implica la prefabricación de componentes y elementos

estructurales en fábricas o talleres especializados. Esta etapa busca mejorar la eficiencia y la calidad del proceso de construcción al fabricar partes del proyecto en condiciones controladas y luego transportarlas al sitio de construcción para su ensamblaje. Es crucial destacar que para aprovechar al máximo los beneficios de la industrialización, es necesario contar con un alto nivel de definición del proyecto desde las etapas iniciales. Esto implica tener un diseño detallado y bien definido que permita la fabricación precisa de los componentes prefabricados. Aunque el costo inicial de desarrollar una solución constructiva altamente definida puede ser mayor, este enfoque puede generar ahorros significativos a largo plazo al reducir los costos asociados con reprocesos e indefiniciones del diseño durante la construcción. En resumen, mientras que la inversión inicial puede ser mayor, la reducción de costos por reprocesos y la mejora en la eficiencia justifican la importancia de un alto nivel de definición del proyecto en el contexto de la industrialización de la construcción.

Transporte y Montaje:

Durante esta etapa, los componentes prefabricados y otros materiales de construcción son transportados al sitio de construcción y ensamblados para formar la estructura del edificio. Esto puede incluir el montaje de elementos estructurales, como paneles de pared, vigas y columnas.

Constructora:

La etapa de construcción engloba todas las actividades relacionadas con la ejecución física del proyecto. Esto incluye la gestión de la mano de obra, la coordinación de subcontratistas, la supervisión del progreso del trabajo y el cumplimiento de los plazos y presupuestos establecidos. La constructora es responsable de llevar a cabo todas las etapas anteriores de manera eficiente para lograr la finalización exitosa del proyecto.

Coordinación:

Dentro de los eslabones de la cadena de valor, es esencial resaltar la importancia de la coordinación entre especialidades desde las etapas iniciales del proyecto. Esta coordinación temprana no solo facilita la interacción fluida entre los distintos profesionales y equipos especializados, sino que también contribuye significativamente a la reducción de errores constructivos e interferencias. Al trabajar en conjunto desde el inicio, los equipos pueden identificar y resolver proactivamente posibles conflictos o incompatibilidades entre las distintas disciplinas. Esto no solo ayuda a evitar costosos retrabajos durante la construcción, sino que también mejora la eficiencia general del proyecto al minimizar los tiempos de inactividad y maximizar la utilización de recursos. En última instancia, la coordinación temprana entre especialidades asegura una ejecución más suave del proyecto y una mayor calidad en el resultado final.

Contratos

En el contexto del desarrollo de proyectos de construcción industrializada con madera, es altamente recomendable aplicar metodologías que involucren tempranamente a las partes interesadas dentro de la cadena de valor, incluyendo arquitectos, ingenieros, fabricantes, transportistas, instaladores y contratistas. Esta práctica resulta beneficiosa en varios aspectos. En primer lugar, el enfoque multidisciplinario maximiza la calidad de los productos intermedios y del producto final, gracias a iteraciones en el desarrollo que reducen inconsistencias en el diseño y optimizan progresivamente el proyecto.

Para llevar a cabo esta coordinación temprana de manera efectiva, es necesario desarrollar contratos que incluyan acuerdos de colaboración temprana, integrando a los actores en el marco global del proyecto en lugar de recurrir a contratos de diseño, oferta y construcción, que son parte de la metodología tradicional.

Estos contratos establecen una relación horizontal entre los actores clave, donde se comparten de manera colaborativa los riesgos asociados al proyecto y se distribuyen los beneficios derivados de su optimización y éxito general. Uno de los modelos contractuales más desarrollados y aplicados en proyectos de edificación industrializada en el hemisferio norte es el IPD (Integrated Project Delivery), que establece claves en la colaboración para un correcto desarrollo del proyecto y la consecución de resultados óptimos.

Estos contratos se basan en un enfoque que fomenta la integración de actores, sistemas, modelos de negocios y prácticas de gestión del grupo de participantes. Esto se logra mediante una organización colaborativa del proyecto, un contrato relacional y un sistema operativo integrado, como Lean, por ejemplo. El objetivo es optimizar los resultados del proyecto, aumentando el valor para el cliente, reduciendo los reprocesos en obra y maximizando los resultados desde el diseño hasta las etapas de construcción. (Revista Minería Chile, 2020)

Características de contratos IPD

Es relevante mencionar las principales características de este tipo de contrato, que se describen brevemente a continuación:

Beneficios y recompensas mutuas: Los beneficios y recompensas se establecen en el contrato, lo que motiva a las partes comprometidas con el proyecto a buscar lo mejor para este.

Descargos de responsabilidad entre participantes clave: Los participantes acuerdan no litigar entre sí, enfocándose en la búsqueda de soluciones en lugar de responsabilidades individuales.

Coordinación horizontal entre participantes clave: Todos los participantes tienen igual importancia en el desarrollo

del proyecto, lo que se sostiene mediante la colaboración y la toma de decisiones consensuada.

Involucramiento temprano de los participantes clave: Se requiere un amplio y riguroso proceso de supervisión y planificación en las etapas del proyecto, donde todas las partes se involucran desde el principio para mejorar el desarrollo de los servicios previos a la construcción y la planificación de la ejecución.

Transparencia fiscal entre participantes: La transparencia fiscal aumenta la confianza entre los participantes y hace que las contingencias sean más visibles y controlables, estableciendo herramientas para maximizar el valor y reducir los riesgos asociados.

Innovación y toma de decisiones colaborativas: Es fundamental que los participantes clave trabajen juntos en decisiones importantes, fomentando la responsabilidad compartida. Los sistemas tecnológicos facilitan la colaboración, la distribución de la información y la racionalización del diseño y construcción del proyecto. (Muianga y otros, 2023).

Comportamiento esperado de actores clave durante desarrollo

Para alcanzar el éxito en el desarrollo de proyectos mediante este tipo de contratos, es altamente recomendable adoptar ciertas buenas prácticas en el comportamiento de los actores clave del proyecto, que fomenten la colaboración, la toma conjunta de decisiones y la distribución equitativa del riesgo y el beneficio. Entre estos comportamientos, destacan:

Respeto mutuo y confianza: Es deseable que existan relaciones preexistentes, pero el enfoque principal debe ser que el equipo esté comprometido a trabajar en conjunto y tenga una visión amplia de colaboración durante toda la duración del proyecto, basándose en intereses compartidos.

Comunicación abierta: Se aconseja maximizar las instancias de comunicación abierta para el desarrollo del proyecto, lo cual facilita la resolución de problemas y la retroalimentación de los actores de diferentes especialidades. Sería ideal que puedan compartir un espacio de trabajo abierto para el desarrollo del proyecto.

Intención marcada hacia la colaboración: Se requieren estrategias de liderazgo y coordinación para llevar a cabo acciones que fomenten la colaboración y la consecución de resultados comunes.

Definición temprana de objetivos: Los objetivos mutuos se definen y se acuerdan entre todas las partes, alineándolos también con los intereses individuales. Los planes de incentivos se diseñan de manera que estén alineados con los objetivos, para mantener a los miembros del equipo enfocados en garantizar el correcto desempeño del proyecto.

Modelo de industrialización

A continuación, se detallará el modelo de industrialización mencionado en las secciones anteriores desde el punto de vista técnico-económico. Para ello, se abordarán cuatro temáticas específicas: los productos a desarrollar en relación con su nivel de captura de valor, los modelos de planta industrializada con sus características técnicas y resultados productivos correspondientes, el análisis financiero de las opciones estudiadas y, por último, el análisis de asociatividad para las empresas participantes en el proyecto.

PRODUCTOS POR DESARROLLAR

El alcance de los productos a desarrollar dependerá directamente de las inversiones que pueda desarrollar cada grupo asociativo y de el nivel de captura de valor de la cadena que busquen desarrollar, por lo tanto, a continuación se realizará, a modo de introductorio, las categorizaciones de productos que motivarán los diferentes niveles de industrialización que se expondrán más adelante.

Tipos de panel

A continuación, se describirán y detallarán los diferentes niveles de industrialización que pueden ser aplicados al momento de fabricar paneles, esto dependerá de factores como el nivel de inversión la maquinaria incorporada y las características técnicas de la fábrica, es importante mencionar que los paneles que entreguen un mayor nivel de terminación contarán además con una mayor captura vertical del valor de la cadena, por lo tanto las propuestas buscan alcanzar el valor nivel de captura posible para cada grupo

Panel en Obra gruesa

El panel este compuesto por solamente elementos estructurales conformados por pies derechos, soleras, cadenas si corresponder y puede incluir o no la instalación de tableros estructurales (aunque es altamente recomendable que sí)



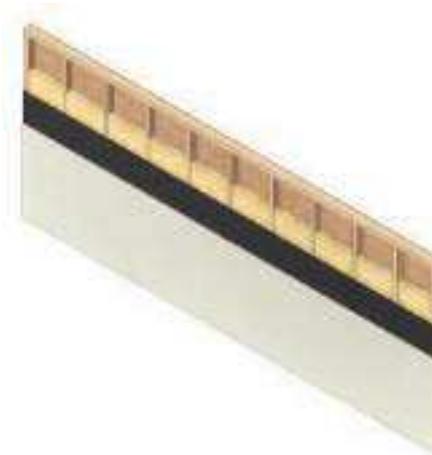
Panel Semiterminado

El panel se compone por la estructura, elementos al interior del entramado como aislamiento térmico y membranas de vapor y humedad. Además, en caso de que correspondan estos paneles incluyen instalaciones eléctricas y/o sanitarias.



Panel Terminado

En este grado de prefabricación, el panel está compuesto e incluye la estructura, elementos al interior, placas por ambas caras del panel y si es que es corresponde y es factible es usual incluir las capas de revestimiento. Los paneles pueden incluir otros elementos como puertas y ventanas, siempre y cuando las condiciones de instalación, acopio y transporte lo permitan. Es común que este tipo de elementos demanden de tratos y desplazamientos mucho más cuidados debido a su fragilidad.



Cerchas

En general las cerchas son elementos estructurales que van repartidos en la extensión de las luces de recintos resistiendo elementos de techumbre y cuando es requerido otorgando a al techo de la vivienda de una pendiente para el manejo de las aguas lluvia y/o nieve. Por tal razón es común que estos elementos no requieren de los mismos requisitos habitacionales habituales en paneles de muro o

entrepiso (con excepción las cerchas que dan continuidad a muros externos e internos), por lo que no es común diferenciar las cercas según su grado de prefabricación si no según su grado de industrialización.

El grado de industrialización de cerchas esta relaciona según el nivel de tecnología que se utiliza para desarrollar las uniones entre los elementos que componen la cercha. Es común encontrar dos tipos:

Cercha desarrollo manual

En este tipo de cercha las uniones se desarrollan mediante métodos manuales y artesanales. Es común utilizar placas intermedias de acero perforadas o placas Gusset de terciado que unen los elementos mediante clavos, los cuales se instalan mediante clavadora neumática.

Cercha desarrollo industrial

Para este tipo de cerchas se utilizan otro tipo de conectores llamadas placas dentadas. La instalación de estos elementos se debe realizar mediante máquinas de presión controlada dentro de los cuales se encuentran prensas hidráulicas o máquinas de rollizos. La necesidad de estas máquinas es ejercer de una presión uniforme en la superficie de la placa dentada asegurando una incrustación correcta en las fibras de la madera y evitando instalaciones desiguales. Estos conectores en ningún momento deben ser instalados mediante martillos o combos, estos elementos de alto impacto no son capaces de asegurar la integridad de la placa una vez instalada comprometiendo la calidad estructural de la cercha en sí misma.

Cabe mencionar que por razones de eficiencia en recomendable evitar conexiones entre los elementos de las cerchas que incurran en duplicidad de elementos. Esto es típico cuando se desarrollan uniones mediante pernos los cuales por su gran diámetro requieren que los elementos formen una unión tipo "sándwich" para ser correctamente instalados.

PLANTA DE INDUSTRIALIZACIÓN

Prefabricación vs industrialización

Una de las primeras aclaraciones que hay que realizar antes de hablar de industrialización es la diferencia que existe entre una planta prefabricadora y una planta industrializadora. La prefabricación se puede entender como un antecesor de la industrialización y tiene como objetivo solamente mejorar la producción y los costos asociados a estos, mediante la realización del máximo número de elementos y tareas posibles en planta.

En una primera instancia, no suena a algo muy diferente de lo que el presente estudio busca fomentar, pero la prefabricación no incorpora aspectos claves para el sistema; cómo la realización de las operaciones de una manera planificada; la incorporación de tecnología especializada para la producción; o que el diseño se realice incorporando una metodología enfocada en la fabricación y montaje de las

soluciones; alejándose así del concepto principal que recoge la industrialización: la eficiencia de la construcción como objetivo último de toda la cadena de valor.

Se puede decir que la industrialización en la construcción busca la creación de un producto de mercado en el cual se ha incluido un grado de prefabricación. Según Paul Bernard: la industrialización de la edificación es la búsqueda de las condiciones óptimas para la ejecución de trabajos de construcción adaptadas a condiciones económicas modernas, progreso técnico mediante preparación metodológico del trabajo y una organización racional de todas las actividades que forman parte del edificar (Guindos, 2019).

Dicho de otra forma, la industrialización abarca la totalidad de la cadena de valor del ciclo de construcción, buscando que entre todos los actores clave mencionados en el apartado de Cadena de Valor del presente capítulo. El objetivo es que racionalicen sus diseños sus diseños y operaciones con el fin de conseguir producción eficiente y siempre manteniendo los estándares de calidad y desempeño que sean requeridos.

Industrialización en fábrica

El concepto por detrás de industrializar viviendas es de planificar y mantener el control según los grados de complejidad de los procesos. La idea es que desde la fábrica se pueda controlar los siguientes aspectos:

- Planificación
- Disposición de recursos
- Optimización
- Programa por desempeñar
- Control
- Intervención
- Monitorización

Esquema general de producción en fabrica

Área de dimensionado de entramados

Corresponde al área de dimensionado de listones de madera específicamente para las piezas que conforman el chasis de entramados de paneles de muro y de entrepiso. Este procesamiento es sencillo, una gran cantidad de cortes generados se realizan en forma perpendicular a la longitud de la pieza y son puntuales los casos de mayor complejidad, al incorporar en algunos muros elementos con cortes con ángulos diferentes del ángulo recto. Las principales tareas que se realizan en esta área es el corte de los listones de madera, etiquetado o demarcación de los componentes, esto para facilitar la agrupación para su posterior utilización en los siguientes procesos de ensamblado.

Área de procesamiento de placas y tableros

Existen también áreas de dimensionado para la preparación de tableros de OSB o terciado.

Área de ensamblado de entramados

En esta área se ensamblan principalmente: muros, entrepisos y cerchas. También se incorporan mesones de

trabajo anexos para el ensamble de elementos especiales, como son vanos de puertas, dinteles, ventanas y pies derechos reforzados. De esta forma, el mesón principal alcanza su mejor productividad al sacar de la secuencia estos elementos y centrarlo en el ensamble del entramado completo del panel los que puede ser de manera manual o utilizando sistemas más automatizados como CNC de clavado. Así, una pequeña cantidad de operadores, pueden sin mucha mayor sofisticación, implementar la operación y aplicar metodologías de supervisión por pares en el proceso.

Forrado del panel

Muros

Este proceso se lleva a cabo en posición horizontal. Aquí es donde ocurre el forrado de la primera cara del panel, la habilitación interior del mismo y su segunda cara. Es común que en este proceso se empleen mesas de trabajo y mesas volteadoras. Para el movimiento de tableros durante la operación, es habitual utilizar carros para su transporte manual o sistemas de ventosas de vacío para su posicionamiento en el panel.

La fijación de los tableros se puede realizar mediante clavado. Es común que este proceso sea realizado en forma automática mediante puentes multifuncionales CNC debido la delicadeza de la operación, alta precisión y la importancia de la correcta instalación de los clavos. No obstante, tomando los resguardos pertinentes, esta operación es factible de realizar con metodología manual por operarios y con la asistencia de herramientas neumáticas.

Entrepisos

Esta sección no difiere radicalmente del ensamblado de muros, las tareas involucradas suelen incluir

Instalación de la primera cara del elemento: donde se dispone del envigado y del bloqueo mediante placas instaladas adecuadamente.

Instalación de la segunda cara del elemento: Esta se colocará después de haber volteado el elemento e introducir aislamiento e instalaciones.

Equipos y asistencias para la manipulación y transporte de materiales y productos

Estos equipos cumplen una función de asistencia a la operación, en general no se utilizan para intervenir los procesos de transformación, pero si generan un incremento en la productividad, al facilitar significativamente movimientos de materiales y productos, dando mayor fluidez a la operación general.

Se debe tener en cuenta tres factores:

Tipo de mercadería a transportar: listones de madera de diferentes dimensiones, tableros de OSB o terciado, placas de yeso-cartón, paneles, entre otros.

Procesos que se deben llevar a cabo como carga, descarga, apilado, etc.

Espacio disponible y características de las áreas de circulación, como radios de giro, altura libre, zonas de circulación de alto tonelaje restringidas, entre otros.

Lo anterior, permitirá establecer decisiones acerca de cuál es equipo adecuado para realizar cada tipo de transporte dentro de la fábrica, en el patio de acopio y maniobras, en la descarga de materias primas y el carguío de productos terminados.

Vehículos industriales

Este tipo de transportadores se usan en las zonas y áreas de producción al interior de la planta y en patios de maniobras. Las más usadas son:

- Carretillas elevadoras
- Montacargas
- Grúas horquillas

Grúas

Los tipos de grúas más habituales en este tipo de instalaciones son los puentes grúa y los cabrestantes móviles. Suelen ser útiles para transportar productos terminados, carguío de paquetes en camiones para su envío a obra o para mover elementos de una línea de producción a otra.

Bandas y transportadores

Este tipo de transporte se dispone usualmente dentro de las mismas líneas de producción de los elementos prefabricados. Entre los más comunes se tienen:

Transportadores de rodillo: Empleados en casi todas las áreas de producción, dentro sus ventajas son su fácil instalación y que permite el transporte de elementos a nivel reduciendo significativamente la aplicación de esfuerzos por los operadores, estas mesas cuentan con sistemas de bloqueo, para los momentos en que el panel no se está transportando y se pueden liberar mediante una acción mecánica sencilla.

Mesas móviles. De estas se destacan dos tipos, mesas volteadoras cuya función es invertir la posición horizontal de paneles para permitir el trabajo por ambas caras. Mesas de transporte lineal, las cuales desplazan los paneles a otras líneas de producción sin necesidad de alzar el componente.

Apiladores. Usualmente llamados libreros, estos elementos de transporte son utilizados para el desplazamiento de cada panel de manera vertical hasta el área de almacenaje.

Flujo de las operaciones en la planta.

Varios son los factores que pueden determinar cómo se conectan las operaciones al interior de la fábrica, a pesar de eso se debe tener siempre en cuenta que:

En la medida de lo posible deben evitarse procesos de transporte. En general todos los procesos de transporte y carga deben estar adaptados al flujo del material.

Las estaciones sucesivas deben permitir circular el material y los componentes espaciándose los más cercano posible

En medida de lo posible, el flujo del material y componentes, desde el abastecimiento hasta el envío debe ser lo más recto posible.

En la planificación final del flujo de la planta debe considerarse la manipulación de materiales residuales.

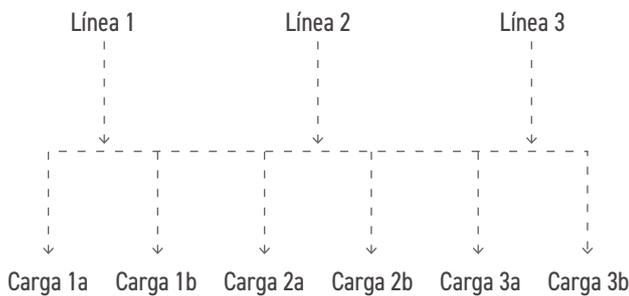
Líneas de producción

Como se mencionó anteriormente, el concepto de línea de producción es muy importante para asegurar el óptimo flujo de las operaciones. En medida de lo posible este debe ser lo más unidireccional posible. Aunque también es factible desarrollar plantas donde la línea de producción funcione en forma de U. Este tipo de línea de producción es útil cuando la planta de la fábrica se emplaza en zonas donde es complicado de disponer de dos patios de maniobras.

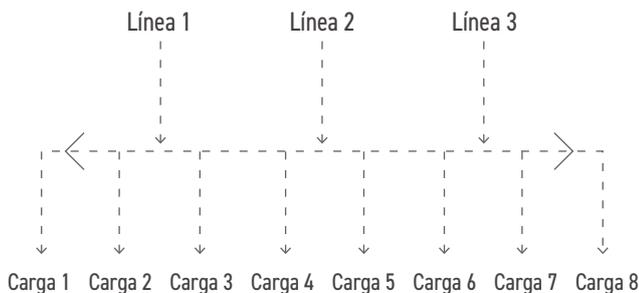
Flujo de productos a camiones de carga

En general existen 2 estrategias diferentes para abordar la carga:

Carga directa: Los componentes terminados de cada línea de producción se trasladan directamente a las zonas de carga, fluyendo longitudinalmente hasta llegar a los camiones de carga.



Carga transversal: En este caso, el flujo de los componentes terminados ocurre transversalmente hasta alcanzar el camión correspondiente a la carga. Este método es más flexible y permite cargar un mismo camión con diferentes productos sin mayores costos.



Flujo externo de material

La disposición de las áreas en la fábrica debe ser tal, que evite las circulaciones cruzadas, considerando el trans-

porte en todas sus escalas, asegurando siempre la correcta maniobrabilidad de estos elementos dentro de las instalaciones y en los patios de acopio y maniobras. Otro aspecto importante es de disponer de buen acceso a red de carreteras para asegurar una logística fuera de fábrica eficiente y segura.

Planificación del diseño de la fábrica

El diseño de la planta industrializadora debe considerar la capacidad de producción esperada de la planta, especialmente en términos de almacenaje de materiales primas y apiado de componentes industrializados. También es relevante de considerar la escalabilidad de las operaciones para un incremento de la producción en mediano o largo plazo y permitir integrar otros procesos dentro del proceso industrial mejorando la productividad o ampliar la gama de productos.

A pesar de que el tamaño de la planta dependerá del volumen de producción esperado, número y tipo de disposición de las líneas de producción o del espacio disponible para la instalación de la planta. Por lo general se pueden adoptar las siguientes recomendaciones iniciales de diseño:

Cada unidad de producción disponga de una superficie aproximada de 25 m de largo y 10 m de ancho.

Portones de entrada y salida de 4.5 m de ancho.

En caso de disponer de puente grúa dentro de la planificación de la planta, se recomienda una altura libre bajo grúa de 7.5 m. Con esta altura se permite un levantamiento suficiente de los paneles de muro o entepiso. Y la capacidad de izaje necesaria ronda las 3 a 5 toneladas.

Se recomienda espacio de almacenamiento techado de materias primas suficiente para un mes de producción.

Se deben considerar áreas de circulación peatonales, y para equipos de transporte.

Tipos de plantas industrializadoras

Las fábricas de componentes industrializados se pueden clasificar en diferentes categorías con relación al uso de tecnología en los procesos de fabricación:

Categoría 1: Comprende uso de maquinaria de ejecución completamente manual y al uso de mesas de carpintería para uso artesanal

Categoría 2: Comprende procesos mecanizados como maquinaria neumática o herramientas de corte eléctricos considerando siempre que la ejecución del proceso es de manera manual.

Categoría 3: Comprende ya con el comienzo de automatización de algunas etapas mediante el uso de tecnologías como softwares especializados en conjunto a maquinas CNC. Siendo esta entremezclada con procesos manuales, usualmente con herramientas neumáticas.

Categoría 4: Comprende la optimización y automatización de gran mayoría de los procesos de fabricación mediante el uso de robótica avanzada.

Modelo Planta

Modelo operacional de procesamiento paneles

Las operaciones involucradas en la cadena de producción son las siguientes.

1. Dimensionado
2. Ensamblaje chasis
3. Clavado 1° placa
4. Volteado
5. Habilitación
6. Clavado 2° placa

1. Dimensionado: Durante esta etapa los listones de madera son cortados mediante Ingleteadora según las indicaciones de las especificaciones técnicas. Estos elementos dimensionados serán posteriormente utilizados para conformar el esqueleto estructural de los paneles de muro y piso.

2. Ensamblaje chasis: Conjunción de los elementos dimensionados según indicaciones en planos. El chasis es armado en una mesa de trabajo mediante operadores. Los elementos son clavados para conferir la firmeza que se requiere para que el panel funcione estructuralmente según diseño.

3. Clavado 1° placa: Cada chasis debe ser rigidizado mediante el uso de tableros estructurales, estos pueden ser de terciado u OSB. Tanto su instalación como su patrón de clavado hacia el chasis se deben realizar según las

especificaciones técnicas y planos de estructuras de cada muro.

En esta etapa es considerado el uso de la única maquinaria automatizada. Se propone la incorporación de una CNC para ejecutar el patrón de clavado de manera correcta sin perjudicar el material y asegurando la precisión de los patrones de clavado.

4. Volteado: Durante esta etapa, se utiliza una mesa volteadora, que no tiene otra función más que invertir la posición de los paneles para permitir el trabajo al interior del chasis para la siguiente etapa.

5. Habilitación: Dentro de las configuraciones de los paneles existen especificaciones técnicas referidas al nivel de habitabilidad que deben permitir los paneles. Esto está referido al confort higrotérmico y acústico, el cual normalmente se logra mediante la incorporación de capas aislantes como lana de vidrio o espumas.

Adicionalmente en esta etapa se realizan perforaciones para incorporar instalaciones sanitarias y/o eléctricas.

Esta etapa es realizada manualmente mediante operadores especializados en la incorporación de los elementos sanitario, eléctricos y de aislación.

6. Clavado 2° placa: En panel a esta altura ya se encuentra con prácticamente todos sus elementos y solamente falta clavar la placa restante que termina por cerrar completamente el panel. Una vez más el trabajo acá es realizado por la misma máquina CNC debido a la delicadeza que se requiere para bien realizar la operación.

Herramientas requeridas para operación planta

Tabla 35: Herramientas recomendadas para la operación general

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Cierre perimetral.	1	gl	\$ 5 000 000	\$ 5 000 000
Compresor Industrial 7.5 HP	1	un	\$ 7 590 000	\$ 7 590 000
Ductos recolección de polvo.	12	un	\$ 60 000	\$ 720 000
Galpón (Con instalaciones)	1	gl	\$ 120 000 000	\$ 120 000 000
líneas presurizadas	100	m	\$ 15 000	\$ 1 500 000
Pavimento exterior	120	M ³	\$ 150 000	\$ 18 000 000
Pavimento Interior	300	M ³	\$ 140 000	\$ 42 000 000
Sistema de recolección de polvo	1	gl	\$ 2 000 000	\$ 2 000 000
Válvulas reguladoras de presión neumática.	4	un	\$ 150 000	\$ 600 000
Atriles de sorteo 6 posiciones	4	un	\$ 120 000	\$ 480 000
Oficina en fabrica	1	gl	\$ 4 000 000	\$ 4 000 000

Tabla 36: Herramientas para área de dimensionado

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Mesón de corte con rodillos.	2	un	\$ 700.000	\$ 1.400.000
Sierra radial.	1	un	\$ 11.000.000	\$ 11.000.000
Sistema de etiquetado de piezas	1	un	\$ 600.000	\$ 600.000
Topo de corte control numérico con rieles y prensas	1	un	\$ 600.000	\$ 600.000

Tabla 37: Herramientas para ensamble de chasis

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Atornilladores de impacto makita dtd153	2	un	\$ 320.000	\$ 640.000
Barretas	2	un	\$ 12.000	\$ 24.000
baterías makita 5 ah	4	un	\$ 120.000	\$ 480.000
Cargador rápido doble makita	1	un	\$ 200.000	\$ 200.000
Clavadoras cn100 para clavos helicoidales en rollo.	4	un	\$ 250.000	\$ 1.000.000
Horquillas para rectificar madera.	2	un	\$ 30.000	\$ 60.000
Martillos	2	un	\$ 10.000	\$ 20.000
Mesón de trabajo con rodillos y topes	1	un	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000

Tabla 38: Herramientas para el clavado de 1° y 2° cara.

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Cortadora de cajas eléctricas.	2	un	\$ 20.000	\$ 40.000
Fresadora para rasgos de ventanas y puertas	2	un	\$ 200.000	\$ 400.000
Mesón de trabajo con rodillos y prensas hidráulicas	1	un	\$ 2.400.000	\$ 2.400.000
Multiherramienta osciladora	2	un	\$ 120.000	\$ 240.000
Puente Multifunción CNC	1	un	\$ 34.807.500	\$ 34.807.500

Tabla 39: Equipo para el volteo de paneles

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Mesa Tipo mariposa para volteo.	1	un	\$ 37.454.300	\$ 37.454.300

Tabla 40: Elementos de estación de habilitación interior

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Acopladora PEX	1	un	\$ 60.000	\$ 60.000
Estantes para Fittings PPR, Accesorios PEX, Accesorios Conduit y LH.	1	un	\$ 200.000	\$ 200.000
Mesón con rodillos	1	un	\$ 1.600.000	\$ 1.600.000
Mesón de trabajo complementario	1	un	\$ 150.000	\$ 150.000
Termofusora	1	un	\$ 60.000	\$ 60.000

Tabla 41: Herramientas y equipos de la línea de salida.

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Atornilladores de impacto makita dtd153	2	un	\$ 320.000	\$ 640.000
baterías makita 5 ah	4	un	\$ 120.000	\$ 480.000
Cargador rápido doble makita	1	un	\$ 200.000	\$ 200.000
Carros con rodamientos para transporte de panel.	50	un	\$ 20.000	\$ 1.000.000
Mesón de salida sobre rieles volteable.	1	un	\$ 25.000.000	\$ 25.000.000
Vástagos de guía de alineación	50	un	\$ 12.000	\$ 600.000

Tabla 42: Estación de almacenamiento preentrega

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Área de trabajo para adicionales (ventanas, puertas, revestimientos).	1	un	\$ 300.000	\$ 300.000
Rieles de piso y guías de alineación.	10	un	\$ 300.000	\$ 3.000.000
Sistema de etiquetado de paneles.	1	un	\$ 600.000	\$ 600.000

Tabla 43: Zona de acopio, estiba y carga

Ítem	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Total
Grúa horquilla de desplazamiento lateral (CombiLift).	1	un	\$ 45.000.000	\$ 45.000.000
Racks para transporte vertical	10	un	\$ 900.000	\$ 9.000.000
Tacos para transporte horizontal.	30	un	\$ 20.000	\$ 600.000

COSTOS DE OPERACIÓN DE LA PLANTA

Costos energéticos

El consumo energético de la planta no es excesivo dado que, tal como fue diseñada, esta para funcionar mayoritariamente de manera manual. El consumo energético entonces se puede atribuir al uso de la maquinaria robótica CNC y operaciones rutinarias de iluminación y oficina.

Para cubrir esta demanda energética se plantea el uso de un generador a gasolina. Se estima un consumo de gasolina por un promedio de \$ 2 500 000 mensualmente, equivalente a \$ 15 625 por hora dentro de una jornada laboral.

Personal de planta

El personal de planta corresponde a los operarios fijos en cada estación de la cadena de producción. Estos son los encargados de todo el proceso de elaboración de cada panel según las especificaciones técnicas. Adicionalmente, se considera personal extra para labores de mantenimiento de las herramientas y maquinas. Esta labor es indispensable para asegurar el correcto y continuo funcionamiento de la planta y sus operaciones.

En la tabla a continuación se muestra el personal considerado en el modelo de planta y los costos estimados a cada operario.

Tabla 44: Costo de personal de operaciones.

Estación	Personal Requerido	Sueldo Bruto	Total	\$/hr
Estación de dimensionado	2	\$ 1.000.000	\$ 2.000.000	\$ 12.500
Ensamblado Chasis	2	\$ 1.000.000	\$ 2.000.000	\$ 12.500
Clavadora CNC	2	\$ 1.000.000	\$ 2.000.000	\$ 12.500
Habilitación	4	\$ 1.000.000	\$ 4.000.000	\$ 25.000
Técnico Mantenimiento	1	\$ 900.000	\$ 900.000	\$ 5.625

Personal oficina técnica

El personal de oficina técnica es el encargado de gestionar los proyectos y programar la elaboración de los paneles en la planta. Este requiere ser personal calificado para el uso de herramientas de informática y entendidos en los sistemas constructivos en madera que la planta elabora.

En la tabla siguiente se muestra el personal considerado para manejar la oficina técnica.

Tabla 45: Costo de personal de oficina técnica

Oficina	Personal Requerido	Sueldo Bruto	Total	\$/hr
Jefe de Oficina	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 6.250
Profesional de Oficina	2	\$ 1.000.000	\$ 2.000.000	\$ 12.500
Jefe de Planta	1	\$ 1.000.000	\$ 1.000.000	\$ 6.250

Adicionando estos costos, se obtiene que el costo por hora de trabajo en jornada laboral de la planta es de **108.750 \$/hr**.

ASOCIATIVIDAD

El desarrollo territorial suele estar estrechamente ligado a la presencia predominante de PYMES, las cuales forman una red productiva significativa que impulsa el crecimiento de diversos sectores mediante la creación de valor y la generación de empleo, entre otros aspectos relevantes. Estas condiciones son especialmente cruciales en regiones donde la economía depende en gran medida de materias primas, dentro del marco de una bioeconomía, donde se busca aprovechar los recursos naturales de manera sostenible y con valor agregado.

En sectores como la industria maderera, es común la necesidad de establecer asociaciones entre pequeños productores. Esto se debe al modelo actual en el que los proveedores de materias primas son pocos y manejan grandes volúmenes de producción. Trabajar de manera aislada deja a los aserraderos en una posición desfavorable, donde carecen del poder de negociación necesario para obtener beneficios significativos en sus márgenes de ganancia.

El fomento de asociaciones se basa en un conjunto de condiciones favorables que fortalecen a las PYMES como una red capaz de capturar valor en áreas donde las grandes empresas y exportadores no están presentes. Esto incrementa el valor de los productos asociados a un territorio específico, fortaleciendo así la industria local.

Para implementar con éxito el modelo asociativo de encadenamiento productivo, es esencial comprender tres pilares fundamentales que lo sustentan en el tiempo. En primer lugar, debe existir una condición de simetría entre los participantes del grupo asociativo, donde el riesgo y la

inversión se compartan de manera equitativa. En segundo lugar, se requiere cultivar una cultura de colaboración que fomente el trabajo conjunto para el desarrollo de productos. Y en tercer lugar, se debe orientar hacia la creación de productos más complejos con potencial de demanda en el mercado, dentro de un contexto de bioeconomía, donde se busca la sostenibilidad y la innovación en los procesos productivos (maldonado y otros, 2021).

Este enfoque está estrechamente relacionado con la innovación en productos basados en las materias primas y procesos existentes en el territorio. Por ejemplo, capturar el valor añadido de la producción de madera estructural para la exportación o desarrollar muebles, productos de construcción y revestimientos alineados con las tendencias arquitectónicas actuales, todo ello en el marco de una bioeconomía que promueva la sostenibilidad y la valorización de los recursos naturales.

Aquí es donde cobra relevancia la asociatividad, ya que para desarrollar productos más complejos y orientados a la innovación, es necesario promover los encadenamientos productivos, combinando las capacidades de pequeñas industrias, coordinando distintas etapas de procesos o distribuyendo la inversión entre un grupo de participantes para establecer nuevas líneas productivas.

Este proceso conduce a la especialización de las PYMES, permitiéndoles abordar el desarrollo de productos específicos que no son atendidos por las grandes empresas que dominan el mercado principal. Además, permite a las empresas evaluar conjuntamente el nivel de riesgo que están dispuestas a asumir y la seguridad en su participación, en comparación con desarrollar proyectos de forma individual.

ANEXOS

En esta sección se incluyen:

1. Listado de planos Ingeniería Estructural.
2. Listado de planos Arquitectura.
3. Fichas de soluciones constructivas de Diseña Madera (www.diseñamadera.cl).
4. Modelo de montaje.
5. Tablas de costos aproximados para habilitación de un equipo de montaje.

ANEXO 1: LISTADO DE PLANOS INGENIERÍA ESTRUCTURAL

- LE_01 - PLANTA DE FUNDACIONES Y EETT
- LE_02.1 - PANELES DE PISO
- LE_02.2 - PLANTA 1° PISO
- LE_03.1 - ELEVACIONES EJES 1-2-3
- LE_03.2 - ELEVACIONES EJES 4-5
- LE_03.3 - ELEVACIONES EJES A-B-C
- LE_03.4 - ELEVACIONES EJE D-E-F
- LE_03.5 - ELEVACIONES EJE G-H-I
- LE_04 - PANELES TECHO
- LE_05 - DETALLE INSERTOS METALICOS
-

ANEXO 2: LISTADO DE PLANOS ARQUITECTURA

- LA_01 - PLANTAS DE ARQUITECTURA
- LA_02 - PLANTA CUBIERTA
- LA_03 - ELEVACIONES
- LA_04 - CORTES
- LA_05 - PLANTA DE DETALLE
- LA_06 - ESCANTILLONES
- LA_07.1 - DETALLES DE BAÑO, DETALLES COCINA, DETALLES MUEBLES
- LA_07.2 - DETALLES CONSTRUCTIVOS, DETALLES PUERTAS, DETALLES VENTANAS

ANEXO 3: FICHAS DE SOLUCIONES CONSTRUCTIVAS



FICHA TÉCNICA

Centro **UC**
de Innovación
en Madera



Proyecto apoyado por
CORFO



ELEMENTO CONSTRUCTIVO VERTICAL

MURO INTERIOR

MI0003-E

ESTRUCTURAL			
GRAVITACIONAL	X	LATERAL	X
RECINTO	A B	A B	
HÚMEDO		SECO	X X

IMAGEN 3D

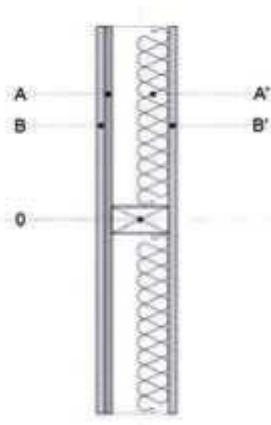


Vista desde la cara izquierda interior

DESEMPEÑO

 RESISTENCIA AL FUEGO (CLASIFICACIÓN)	 ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA [dB(A)]	 NIVEL DE PRESIÓN ACÚSTICA DE IMPACTO NORMALIZADO [dB]
F30	N/A	N/A
LABORATORIO DICTUC N° INFORME 1536067	N/A	N/A

DETALLE EN PLANTA



DESCRIPCIÓN

Interior  Interior 

INTERIOR (A)

Plancha Yeso Cartón RF Gyplac Romeral 12.5[mm]
Plancha OSB Estructural APA (APA. PLUS. GUARD) LP 11.1[mm]

RECOMENDACIONES PROPIEDADES DE LA MADERA			ESPECIFICACIÓN TABIQUE DE MADERA			
Especie	Terminación	Preservación NCh 819	Carbón	Setra	Grado Estructural NCh 1196	Otros
Pino Radiata	Cepillado / Dimensionado (Según informe de fuego)	Preservado	-	2x4 41x90 [mm]	C24	
		C. Humedad NCh 1196	1	2x4 41x90 [mm]	600 [mm]	S/CADENETA

Aislación Lana de Vidrio Romeral 50[mm] (11[kg/m³])
Plancha Yeso Cartón RF Gyplac Romeral 12.5[mm]

INTERIOR (B)

(Recinto A)	(Recinto B)
PESO (POR METRO LINEAL)	CARGA ADMISIBLE
88 [kg/m]	1700 [kg/m]
(Según criterios plataforma)	(Según criterios plataforma)
ESPESOR	
126.1 [mm]	

CONSIDERACIONES

1- Para la descripción de los materiales (exterior e interior), propiedades de la madera y especificación tabique, las recomendaciones estarán mencionadas en color **GRIS**, mientras que la información especificada en ensayos estará expresado en **NEGRO**.
2- La solución propuesta sin grado estructural (según NCh 1196) es considerada elemento constructivo no soportante.
Para descarga de antecedentes de ensayos, estudios y memorias acceder a enlaces adjuntos. Los antecedentes entregados, consideran material necesario para dar cumplimiento a requerimientos normativo, ante dirección de obra municipal pertinente. El uso de los antecedentes entregados es de exclusiva responsabilidad de quien los utilice.

(www.disenamadera.cl)

NORMATIVAS

MADERA	ESTRUCTURA	FUEGO	ACÚSTICO	TÉRMICO
NCh 173 NCh 179-1 NCh 789-1 NCh 819 NCh 1079 NCh 2524 OGUC 5.6.6	NCh 1196 NCh 1207	NCh 835-1 OGUC 4.3.1-4.3.5	ISO 140-7 ISO 140-6 ISO 717-1 ISO 717-2 NCh 2785 NCh 2786 OGUC 4.1.6 OGUC 4.1.6	NCh 850 NCh 851 ISO 853 NCh 1973 NCh 2051 OGUC 4.1.10 4.1.10 Bn NCh 1078 ECS (MIMU)

AAÑO 2021





FICHA TÉCNICA

Centro **UC**
de Innovación
en Madera



Proyecto apoyado por
CORFO



ELEMENTO CONSTRUCTIVO VERTICAL

ESTRUCTURAL

GRAVITACIONAL	X	LATERAL	X
RECINTO	B	B	B
HÚMEDO	X	SECO	X

MURO PERIMETRAL

MP0040-D

IMAGEN 3D



DESEMPEÑO



RESISTENCIA AL FUEGO
(CLASIFICACIÓN)

F15

LABORATORIO
DICTUC
N° INFORME
1541766



TRANSMITANCIA TÉRMICA
[W/(m².K)]

0,49

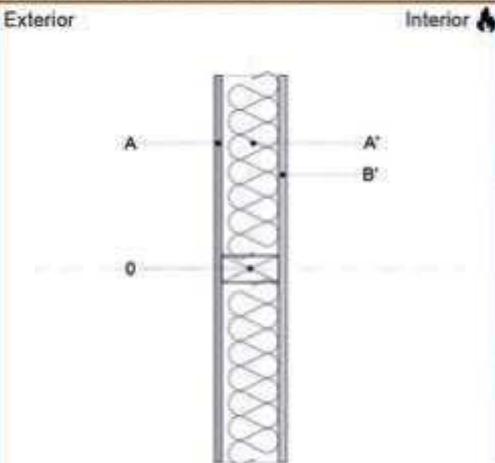
LABORATORIO
CIM UC
N° INFORME
2019135

ZONAS TÉRMICAS Art 4.1.10 DOGUC	1	X
	2	X
	3	X
	4	X
	5	X
	6	X
	7	X
PDA Art 4.1.10 DOGUC	TENLIGO Y PADRE LAS CASAS	
	TALCA - MAULE	X
	CHILLÁN - CHILLÁN	
	VIÑA	
	OSORNO	
	COYHAIQUE	
	VALDIVIA	
	VOS ANGELES	
	VALLE CENTRAL	
	PROVINCIA CURICO	X
CONCEPCION	X	
METROPOLITANO	X	
VALLE CENTRAL	X	
REGION O'HIGGINS	X	
VALLE CENTRAL	X	
REGION O'HIGGINS (CI)	X	

Vista desde la cara exterior

DETALLE EN PLANTA

DESCRIPCIÓN



EXTERIOR	Plancha OSB Estructural SmartPanel (H) LP 11.1[mm]																													
	RECOMENDACIONES PROPIEDADES DE LA MADERA																													
NÚCLEO	<table border="1"> <tr> <th>Especie</th> <th>Terminación</th> <th>Preservación NCh 819</th> <th>Cantidad</th> <th>Orden</th> <th>Grado Estructural NCh 1198</th> <th>Otros</th> </tr> <tr> <td rowspan="2">Pino Radiata</td> <td rowspan="2">Cepillado / Dimensionado (Según informe de fuego)</td> <td>Preservado</td> <td>-</td> <td>2x4 41x90 [mm]</td> <td>G2</td> <td rowspan="2">S/CADENETA</td> </tr> <tr> <td>Humedad NCh 1198</td> <td>1</td> <td>2x4 41x90 [mm]</td> <td>400 [mm]</td> </tr> </table>	Especie	Terminación	Preservación NCh 819	Cantidad	Orden	Grado Estructural NCh 1198	Otros	Pino Radiata	Cepillado / Dimensionado (Según informe de fuego)	Preservado	-	2x4 41x90 [mm]	G2	S/CADENETA	Humedad NCh 1198	1	2x4 41x90 [mm]	400 [mm]	<table border="1"> <tr> <th>Preservación NCh 819</th> <th>Cantidad</th> <th>Orden</th> <th>Grado Estructural NCh 1198</th> <th>Otros</th> </tr> <tr> <td>CH-20%</td> <td>1</td> <td>2x4 41x90 [mm]</td> <td>G2</td> <td>S/CADENETA</td> </tr> </table>	Preservación NCh 819	Cantidad	Orden	Grado Estructural NCh 1198	Otros	CH-20%	1	2x4 41x90 [mm]	G2	S/CADENETA
	Especie	Terminación	Preservación NCh 819	Cantidad	Orden	Grado Estructural NCh 1198	Otros																							
Pino Radiata	Cepillado / Dimensionado (Según informe de fuego)	Preservado	-	2x4 41x90 [mm]	G2	S/CADENETA																								
		Humedad NCh 1198	1	2x4 41x90 [mm]	400 [mm]																									
Preservación NCh 819	Cantidad	Orden	Grado Estructural NCh 1198	Otros																										
CH-20%	1	2x4 41x90 [mm]	G2	S/CADENETA																										
INTERIOR	Aislación Lana de Vidrio Romeral 80[mm] (11[kg/m3])																													
	Plancha Yeso Cartón RH Gyplac Romeral 12.5[mm]																													

PESO (POR METRO LINEAL)	CARGA ADMISIBLE	ESPESOR
70 [kg/m] <small>(Según criterios plataforma)</small>	2124 [kg/m] <small>(Según criterios plataforma)</small>	113.6 [mm]

CONSIDERACIONES

NORMATIVAS

1- Para la descripción de los materiales (exterior e interior), propiedades de la madera y especificación tabique, las recomendaciones estarán mencionadas en color **GRIS**, mientras que la información especificada en ensayos estará expresada en **NEGRO**.
2- La solución propuesta sin grado estructural (según NCh 1198) es considerada elemento constructivo no soportante.
3- Barrera de vapor y barrera de humedad a incluir según requerimiento del proyecto (según NCh 1973).
Para descarga de antecedentes de ensayos, estudios y memorias acceder a enlaces adjuntos. Los antecedentes entregados, consideran material necesario para dar cumplimiento a requerimientos normativo, ante dirección de obra municipal pertinente. El uso de los antecedentes entregados es de exclusiva responsabilidad de quien los utiliza.
(www.disenamadera.cl)

MADERA	ESTRUCTURA	FUEGO	ACÚSTICO	TÉRMICO
NCh 172 NCh 178/1 NCh 789/1 NCh 853 NCh 1079 NCh 2824 OGUC 5.6.8	NCh 1198 NCh 1207	NCh 835/1 OGUC 4.3.1-4.3.5	ISO 140-7 ISO 140-8 ISO 717-1 ISO 717-2 NCh 2795 NCh 2798 OGUC 4.1.10 OGUC 4.1.6	NCh 850 NCh 851 NCh 853 NCh 1833 NCh 2251 OGUC 4.1.10 NCh 1079 ECS (MINVU)



ANEXO 4: MODELO DE MONTAJE

El montaje en obra es una parte esencial de la cadena de valor de la construcción industrializada. Es por esto por lo que dicha actividad que no se debe dejar de revisar y analizar, pues es en estas labores en donde se capturan varias de las ventajas de la industrialización y la prefabricación.

A continuación se presentará un resumen con fines ilustrativos para poder ser utilizado como guía de ayuda para el desarrollo de una metodología que permita la ejecución de labores de montaje industrializado exitosas y orientadas a la mejora continua de los procesos. Esta guía debe ser utilizada de forma únicamente referencial y se deben revisar los requisitos legales y técnicos necesarios para una correcta aplicación.

CONSTITUCIÓN

Las empresas de montaje pueden ser de diversos tipos de razones sociales, la razón social dependerá de las limitaciones de responsabilidad, capacidad o necesidad de incorporar nuevos socios, Régimen tributario al que se desea adscribir, entre otros. Esta es una decisión estratégica que dependerá del plan de negocios que desarrolle el interesado.

Una vez realizada la constitución existen algunos giros presentes en el SII que son útiles para este tipo de labores. Algunos ejemplos son: Construcción de edificios para uso residencial; Construcción de edificios para uso no residencial; Fabricación de partes y piezas de carpintería para edificios y construcciones (el cual es también deseable para la industrializadora), entre otros. También se pueden adicionar giros asociados a actividades de venta de materiales, o actividades inmobiliarias dependiendo del modelo que se busque desarrollar.

PREPARACIÓN ADMINISTRATIVA Y PROCESOS

Es importante desde el inicio de la vigencia de la empresa,

contar con la documentación necesaria para el desarrollo de las actividades regulares del giro, por lo tanto, antes de iniciar ningún proyecto, es deseable la contratación de servicios de un asesor en prevención de riesgos que se ocupe de:

- Desarrollar el reglamento interno de orden, higiene y seguridad de la empresa;
- Certificación de las cartas asociadas a este;
- Preparación de la documentación tipo que requiere la empresa para su acceso a una obra como matriz de riesgos, plan de prevención;
- Preparación de la documentación tipo que requiere la empresa para la contratación de sus trabajadores y e ingreso a faena, como obligación de informar, entrega inicial de EEPP;
- Preparación de formatos tipo para documentos como charlas diarias de seguridad, análisis seguro de trabajo, 5S capacitaciones específicas;
- Preparación de carpetas para ingresos, charlas diarias, libros de asistencia, (deseable electrónicos validados por DT);

Una vez preparada toda esta estructura previa, se debe contar con el acceso a una mutualidad y las coberturas específicas obligatorias. Para esto, se registrará la empresa en la mutualidad respectiva y al momento de reactualizar la contratación del primer trabajador se realizará el proceso de inscripción e inicio de la cobertura.

Para el ingreso de trabajadores, se debe considerar dentro del presupuesto de un proyecto la incorporación de exámenes pre-ocupacionales para estar seguros de quienes están siendo contratados y que cumplen con los perfiles que serán mencionados en adelante, cumplen también con las aptitudes físicas y de salud para ejecutar las labores para las cuales están siendo contratados.

A continuación se presentará una tabla con los descriptores de cargo requeridos para una cuadrilla de montaje en un proyecto de vivienda en extensión para un ejemplo de vivienda de dos niveles. Si las características, logística de la obra y la planificación de fábrica lo permite, esto puede ser repetido más veces para considerar frentes de avance en paralelo.

Tabla 12: Descriptores de cargo para personal de montaje.

Cargo	Especialidad	Descriptor de cargo
Supervisor 1	Constructor Civil, Ingeniero Civil o carrera afín	<p>Descripción General Profesional a cargo del proyecto, coordina actividades, lleva registro documental de recepciones y entregas, verifica el cumplimiento de la aplicación de documentación diaria.</p> <p>Lidera directamente a</p> <ul style="list-style-type: none"> • supervisor 2 • topógrafo trazador. • Carpintero de soleras. • Montajista. <p>Actividades principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recepción de fundaciones por parte del mandante, con la revisión entregada por el trazador. • Recepción de la instalación de soleras de montaje, verificando distanciamiento plomos y niveles, mediante la revisión del Trazador. • Coordinación de las entregas de productos montados y terminados. • Coordinación y planificación de recepción de paneles en obra. • Coordinación y planificación de montaje. • Coordinación de correcciones y rectificaciones con apoyo de la gestión del Supervisor 2.
Supervisor 2	Constructor Civil, Ingeniero Civil o carrera afín	<p>Descripción General Profesional a cargo de las actividades de cierre coordinándolas y planificando el flujo de entregas de productos terminados. Se encarga de coordinar también a retroalimentación mediante revisión por pares para actividades de montaje y soleras, según dificultades observables en actividades de fijación y remate.</p> <p>Lidera directamente a</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fijador • Rematador <p>Actividades principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Recepción de estructura montada para autorizar fijación y remates. • Revisión final para entrega de productos terminados. • Gestión de logística inversa, devolución de racks de transporte, tacos de madera para paneles, etc.
topógrafo Trazador	topógrafo o trazador experimentado.	<p>Se encarga de labores en terreno para el marcado y validación de superficies/fundaciones para el montaje de soluciones constructivas.</p> <p>Lidera directamente a</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alarife <p>Actividades principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Revisión de dimensiones y niveles de losas de fundación. • Trazado de ejes y auxiliares para la instalación de soleras de montaje. • Revisión de soleras instaladas.
Alarife	Alarife	<p>Se encargará de apoyar en las labores de trazado.</p> <p>Liderado directamente por</p> <ul style="list-style-type: none"> • Topógrafo Trazador <p>Actividades principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • El alarife centra sus actividades en la operación de la mira, asistencia en el trazado, revisión de dimensiones, entre otros.
Carpintero de Soleras	Carpintero 1° o técnico en construcción	<p>Se encarga del proceso de instalación de soleras de montaje.</p> <p>Lidera directamente a</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ayudante de soleras <p>Actividades principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • revisión y conocimiento de plano de instalación de soleras. • Identificación de detalles de fijaciones. • Coordinación con ayudante en la perforación de anclajes y posterior instalación de soleras. • Verificación de niveles de acuerdo con disposiciones del trazador mediante el uso de laines de nivelación.

Cargo	Especialidad	Descriptor de cargo
Ayudante de Soleras	Carpintero 2°	<p>Asistencia al carpintero de soleras en todas las actividades relacionadas a su instalación.</p> <p>Liderado directamente por</p> <ul style="list-style-type: none"> • Carpintero de soleras <p>Actividades principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Movilizar y presentar material. • Perforaciones en fundaciones. • Soplado para eliminación de polvo en perforaciones. • Instalación de pernos y tornillos.
Montajista	Carpintero 1° o técnico en construcción	<p>Encargado de realizar las actividades de montaje de paneles.</p> <p>Lidera directamente a</p> <ul style="list-style-type: none"> • Ayudante de montaje <p>Actividades principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Coordinar con aparejador y operador de grúa las labores de montaje. • Recepción del panel transportado mediante medios mecánicos y posicionamiento final. • Conexión de ductos y otros elementos que se podrían encontrar entre paneles. • Fijación provisoria del panel en su posición. • Aplomado y apuntalamiento de paneles instalados.
Ayudante de Montaje	Carpintero 2°	<p>Se encargará de asistir labores de montaje para su correcta ejecución.</p> <p>Liderado directamente por</p> <ul style="list-style-type: none"> • Montajista <p>Actividades principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Preparación para el izaje, instalación de sistemas de izaje, vientos. • Control de movimiento de acercamiento de la carga mediante vientos. • Destapado para montaje y tapado para protección de paneles en acopio.
Carpintero Fijador	Carpintero 1° o técnico en construcción	<p>Encargado de consolidación de fijaciones post montaje.</p> <p>Liderado directamente por</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supervisor 2 <p>Actividades principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • verifica plomos, distanciamientos y niveles en paneles instalados. • Realiza la instalación completa de fijaciones estructurales. • reporta actividades al supervisor 2
Rematador	Carpintero 2°	<p>Encargado de instalación de remates finales para entrega de solución constructiva.</p> <p>Liderado directamente por</p> <ul style="list-style-type: none"> • Supervisor 2 <p>Actividades principales</p> <ul style="list-style-type: none"> • Instalación de remates de yeso cartón en cantos de paneles, soleras y otros. • Limpieza de excedentes en perímetro de obra. • Reparación de cualquier daño asociado al montaje.

Conociendo los cargos y sus perfiles, se realiza un listado del personal requerido para la ejecución de una obra tipo. Para realizar esto, se toma como ejemplo el desarrollo de un proyecto de 23 casas de dos pisos en la comuna de Peñaflores que fue fabricado industrialmente y ensamblado por un equipo de montaje.

Tabla 13: Cantidad de personal por cada cargo y actividad

Etapa	Personal	Cantidad
0.Recepción y trazado	Trazador	1
0.Recepción y trazado	Alarife	1
1. Instalación Soleras	Instalador Soleras	1
1. Instalación Soleras	Asistente de Soleras	1
2. Montaje	Montajista	2
2. Montaje	Asistente de montaje	2
3.Fijación	Carpintero Fijador	2
4.Detalles y terminaciones	Rematador	2
5. Supervisión y entrega	Supervisor	2

El equipo antes descrito, está pensado para trabajar en obras de proyectos de vivienda en extensión, Para poder rentabilizar las actividades, es necesario que este equipo de trabajo alcance un rendimiento mínimo que permita mantener en ritmo las entregas según programa.

Este rendimiento mínimo puede ser utilizado para la elaboración de propuestas de servicios de montaje, como referencia para realizar la programación y presupuesto. A continuación se presenta una tabla de rendimientos esperados por actividad.

Tabla 14: Rendimientos esperados para principales actividades de obra.

Etapa	Rendimiento Esperado
0.Recepción y trazado	2 losas /entrepisos diarios
1. Instalación Soleras	10-15 metros por hora
2. Montaje	1 panel cada 10-15 minutos
3.Fijación	1 panel cada 10-15 minutos
4.Detalles y terminaciones	1 vivienda completa diaria
5. Supervisión y entrega	1 losa aprobada para montar y 1 vivienda recibida al día

En conjunto a la dotación de personal y sus rendimientos esperados, se detallará a continuación el conjunto de herramientas, equipos e insumos necesarios para el correcto desarrollo de la obra en terreno.

Tabla 15: Herramientas, y EOPP recomendados para faenas de montaje.

Categoría	Ítems	Cantidad
Herramientas	Atornillador de impacto	7
Herramientas	Rotomartillo inalámbrico	1
Herramientas	Taladro percutor inalámbrico	2
Herramientas	Cepillo inalámbrico	1
Herramientas	Llave de impacto inalámbrica	1
Herramientas	Sierra recíproca inalámbrica	1
Herramientas	Electro sierra de cadena inalámbrica	1
Herramientas	Batería 5 ah	30
Herramientas	Cargador rápido 2 puestos	3
Herramientas	Barreta	4
Herramientas	Chuzo	2
Herramientas	SERRUCHO de mano	2
Herramientas	Martillo 16 oz.	6
Herramientas	Mazo 20 lb.	2
Herramientas	Tira paneles Geko	2
Equipamiento	Escalera 7 peldaños tijera	2
Equipamiento	Escalera telescópica 6 m	1
EOPP	Arnés de seguridad ergonómico	10
EOPP	Casco de seguridad para trabajos en altura	15
EOPP	Guantes anti-impacto	30
EOPP	Zapatos de seguridad	15
EOPP	Camiseta manga larga respirable con reflectante	30
EOPP	Pantalón cargo	30
EOPP	Gafas de protección	30
EOPP	Auriculares de protección auditiva	20
Equipamiento	Carro pañol móvil	1

ACTIVIDADES DE MONTAJE

La realización de las actividades de montaje se organiza en una secuencia de etapas, las cuales están respaldadas técnicamente con el fin de lograr una alta eficiencia operativa. El montaje, considerado como un servicio, implica enfocarse específicamente en erigir la estructura resistente de la edificación, sin incluir la fabricación de cimientos, tarea que suele ser responsabilidad del cliente. Por consiguiente, a continuación se detallan las etapas necesarias para llevar a cabo de manera correcta el montaje de soluciones habitacionales industrializadas.

Recepción y trazado:

Esta fase se erige como el primer eslabón del proceso de montaje, fundamentándose técnica y operativamente en la garantía de condiciones óptimas para la ejecución precisa de la construcción. Su relevancia radica en la prevención de deformaciones, desniveles y desalineaciones en la losa base, pues cualquier defecto en esta etapa podría transmitirse a los muros y estructuras superiores, comprometiendo la integridad y estabilidad del montaje. Tales imperfecciones podrían manifestarse como desniveles entre paneles, inclinaciones no deseadas, o cualquier otra discrepancia que pueda menoscabar la hermeticidad y funcionalidad de la estructura final.

Con el objetivo de asegurar un montaje correcto, se instaure una metodología rigurosa de revisión que permite detectar y corregir cualquier irregularidad antes de proceder con la instalación. Esto implica el meticuloso pulido de sobre elevaciones y el relleno de depresiones, garantizando así una superficie nivelada y uniforme sobre la cual trabajar.

Luego de la verificación anterior, se lleva a cabo el trazado preciso de los ejes que servirán de referencia para la instalación de las soleras. Es fundamental realizar este proceso de trazado de forma independiente, donde el cliente únicamente proporciona un eje principal en cada dirección como punto de partida, permitiendo así establecer una base sólida y precisa para la construcción de la estructura.

Instalación de soleras.

Una vez recibidas las losas y fundaciones, se inicia la instalación de las soleras. Estas se colocan utilizando fijaciones de anclaje de cabeza cónica en caso de que se instalen sobre hormigón. Esta técnica permite que la cabeza del perno de anclaje quede nivelada con la superficie superior de la solera. En el caso de los pisos ventilados de madera, se lleva a cabo una pre-perforación, seguida de la inserción de un perno que se asegura con una tuerca desde la parte inferior.

En términos generales, se marca la ubicación de los ejes en la solera para su instalación. Luego de la fijación, se verifica la distancia entre las piezas, partiendo desde un vértice de la estructura hasta el opuesto, asegurando así una instalación precisa y uniforme.

Montaje:

Para asegurar un montaje eficiente, es esencial realizar una minuciosa recepción de los productos en el terreno, lo que implica recibir el kit de paneles de la vivienda y verificar que cada panel esté libre de daños y que sus tableros estructurales y placas de yeso cartón estén firmes y correctamente instalados.

Dado que los paneles suelen estar apilados uno sobre otro, se recomienda llevar un registro detallado de cada panel al momento de levantarlo. Este registro permitirá garantizar su correcto estado durante la etapa de montaje y facilitará el proceso de descargo de responsabilidad.

El proceso de montaje en sí consiste en tomar cada panel y colocarlo con precisión sobre las soleras. Para ello, los asistentes de montaje, en colaboración con el aparejador, se encargan de preparar el izaje de la carga, instalando el mecanismo de izaje seleccionado y añadiendo dos vientos para controlar el panel una vez suspendido. Luego, utilizando una grúa, se aproximará el panel a su posición, momento en el cual el control se transferirá a los montajistas. Ellos proporcionarán indicaciones precisas para el correcto posicionamiento del panel y realizarán ajustes finos antes de fijarlo definitivamente. Antes de liberar la grúa, se instalarán riostras he ser para garantizar el correcto aplomo del panel, en aquellos casos donde sea necesario debido a encuentros perpendiculares distanciados. Este proceso se repetirá hasta posicionar todas las estructuras de muro.

En cuanto a la instalación de elementos de entrepiso, es crucial verificar los plomos de los muros para asegurar un posicionamiento adecuado. Además, se debe considerar dejar suficiente holgura en el diseño para permitir el paso libre de los revestimientos exteriores, y se recomienda incorporar topes perimetrales en los bordes superiores de los muros para facilitar el ajuste de la estructura del entrepiso.

Para la fijación de los elementos, es esencial trazar correctamente las posiciones de los tornillos y fijaciones, y verificar la verticalidad del tornillo para garantizar una conexión adecuada con los cabezales de los muros.

Fijación:

Una vez que las losas, cerchas o cubiertas han sido posicionadas según corresponda, se procede con el remate de las fijaciones estructurales de la edificación. Para

ello, se lleva a cabo un segundo chequeo minucioso de los plomos, distancias y niveles, partiendo siempre desde un vértice de la estructura. Luego, se fijan uno a uno todos los muros, y finalmente se consolida el aseguramiento de las fijaciones de las estructuras superiores mencionadas anteriormente. Al ir cerrando por recinto, se facilita la correcta cuadratura de los elementos y se prepara el terreno para la instalación de segundos pisos, remates y otros acabados.

En esta etapa, es beneficioso contar con elementos de apoyo que faciliten la cuadratura, como riostras aplomadoras, tira paneles, barretas y mazos de madera. Dado que la grúa ya no está disponible en esta fase, es crucial disponer de medios mecánicos que permitan realizar correcciones y movimientos de paneles, especialmente aquellos que pueden estar sujetos por la masa de elementos superiores, lo que dificulta su manipulación manual.

Detalles y terminaciones:

Una vez finalizada la instalación de los paneles y sus fijaciones estructurales, es común que queden cantos de panel con la estructura de madera expuesta, así como la solera inferior en una de sus caras y los encuentros entre los niveles de la edificación. Estos cantos abiertos se cubren con las capas correspondientes a la solución de cada muro, con el fin de garantizar la continuidad de las protecciones diseñadas para cada panel. Además, cualquier espacio menor que pueda quedar como resultado de estas instalaciones se rellena con espuma ignífuga de poliuretano para mejorar la hermeticidad. Posteriormente, se procede a retirar los excedentes de espuma para poder llevar a cabo la recepción final de la estructura.

Entrega:

El proceso administrativo para la entrega de una vivienda construida al mandante es una fase crítica que garantiza la satisfacción del cliente y la calidad del trabajo realizado. En este proceso, se lleva a cabo una revisión exhaustiva que abarca diversos aspectos, como el estado de las fijaciones, la apariencia estética de las superficies y la precisión de los distanciamientos y plomos en los distintos recintos.

Es fundamental que los parámetros de revisión se establezcan de antemano en un anexo del contrato del servicio. Estos parámetros deben ser claros, concisos y detallados, para evitar confusiones o malentendidos durante la etapa de entrega. Sin embargo, en ocasiones, pueden surgir aspectos que no fueron contemplados inicialmente en los parámetros de revisión. En tales casos, es necesario evaluar la viabilidad de incluir estos ítems en la revisión final y llegar a un acuerdo al respecto mediante la modificación o adición de anexos al contrato existente.

La revisión final no solo implica la comprobación de aspectos técnicos y estéticos, sino también la verificación de que se cumplan las expectativas del mandante y se hayan alcanzado los estándares de calidad establecidos. Es importante que este proceso se realice de manera rigurosa y transparente, promoviendo la comunicación abierta entre todas las partes involucradas para resolver cualquier discrepancia de manera efectiva y garantizar la satisfacción del cliente.

Anexo 5: Tablas de costos aproximados para habilitación de un equipo de montaje.

Tabla 16: Costo Mensual de personal de montaje para una obra en régimen

Personal	Cantidad	Unidad	Precio Unitario	Costo Empresa	Total
Trazador	1	Mes	\$	1.340.000	\$ 1.340.000
Alarife	1	Mes	\$	890.000	\$ 890.000
Instalador Soleras	1	Mes	\$	1.000.000	\$ 1.000.000
Asistente de Soleras	1	Mes	\$	890.000	\$ 890.000
Montajista	2	Mes	\$	1.340.000	\$ 2.680.000
Asistente de montaje	2	Mes	\$	890.000	\$ 1.780.000
Fijador	2	Mes	\$	1.340.000	\$ 2.680.000
Rematador	2	Mes	\$	890.000	\$ 1.780.000
Supervisor	2	Mes	\$	1.600.000	\$ 3.200.000
Total	1	Mes			\$ 16.240.000

Para el análisis de esta tabla, se considera el costo empresa del personal, por lo tanto se contemplan las leyes sociales, la provisión por vacaciones y finiquitos. Es muy relevante que los contratos se realicen por faena, y que se evalúen con anticipación posibles atrasos para evitar sobrecostos por pago de meses de aviso o renovaciones de contratos no planificadas.

Tabla 17: Inversión propuesta de insumos, herramientas, equipos y EEPP necesarios para una óptima operación.

Categoría	Ítem	Cantidad	Unidad	Precio unitario	Total
Herramientas	Atornillador de impacto	7	Unidad	\$ 320.000	\$ 2.240.000
Herramientas	Rotomartillo inalámbrico	1	Unidad	\$ 400.000	\$ 400.000
Herramientas	Taladro percutor inalámbrico	2	Unidad	\$ 300.000	\$ 600.000
Herramientas	Cepillo inalámbrico	1	Unidad	\$ 250.000	\$ 250.000
Herramientas	Llave de impacto inalámbrica	1	Unidad	\$ 400.000	\$ 400.000
Herramientas	Sierra recíproca inalámbrica	1	Unidad	\$ 250.000	\$ 250.000
Herramientas	Electro sierra de cadena inalámbrica	1	Unidad	\$ 320.000	\$ 320.000
Herramientas	Batería 5 ah	30	Unidad	\$ 120.000	\$ 3.600.000
Herramientas	Cargador rápido	3	Unidad	\$ 200.000	\$ 600.000
Herramientas	Barreta	4	Unidad	\$ 12.990	\$ 51.960
Herramientas	Chuzo	2	Unidad	\$ 19.990	\$ 39.980
Herramientas	Serrucho de mano	2	Unidad	\$ 2.000	\$ 4.000
Herramientas	Martillo 16 oz.	6	Unidad	\$ 20.000	\$ 120.000
Herramientas	Mazo 20 lb.	2	Unidad	\$ 30.000	\$ 60.000
Herramientas	tira paneles Geko	2	Unidad	\$ 600.000	\$ 1.200.000
Equipamiento	Escalera 9 peldaños tijera	2	Unidad	\$ 200.000	\$ 400.000
Equipamiento	Escalera telescópica 6 m	1	Unidad	\$ 300.000	\$ 300.000
Equipamiento	Puntal aplomador	6	Unidad	\$ 60.000	\$ 360.000
EEPP	arnés de seguridad ergonómico	10	Unidad	\$ 60.000	\$ 600.000
EEPP	Casco de seguridad con barboquejo	15	Unidad	\$ 10.000	\$ 150.000
EEPP	Guantes anti-impacto	30	Unidad	\$ 6.000	\$ 180.000
EEPP	Zapatos de seguridad	15	Unidad	\$ 60.000	\$ 900.000
EEPP	camiseta manga larga respirable con reflectante	30	Unidad	\$ 7.000	\$ 210.000
EEPP	Pantalón Cargo	30	Unidad	\$ 20.000	\$ 600.000
EEPP	Gafas de protección	30	Unidad	\$ 5.000,00	\$ 150.000
EEPP	Protección auditiva	20	Unidad	\$ 15.000,00	\$ 300.000
Equipamiento	Carro pañol móvil cerrado con portaherramientas.	1	Unidad	\$ 4.000.000,00	\$ 4.000.000
	TOTAL MENSUAL				\$ 18.285.940

Tabla 18: Precios referenciales para el arriendo de equipos

Ítems	Cantidad	Unidad	Precio unitario
Arriendo grúa telescópica sobre camión (considera operador y aparejador)	1	Hora	\$ 75.000,00
Arriendo camión pluma con cabrestante y control remoto (considera operador)	1	Hora	\$ 50.000,00
Arriendo alza hombres (requiere capacitación)	1	Hora	\$ 21.000,00

En este caso es importante mencionar que para el arriendo de equipos que requieren de personal, se considera en general una jornada mínima de horas, por lo tanto es deseable coordinar las actividades de modo que se utilicen al menos el mínimo de esas horas, y las jornadas adicionales, como días de fin de semana o horarios fuera de jornada ordinaria deben ser evitadas, pues en general tienen un recargo respecto de la tarifa base. También, según la duración de la faena se pueden proponer contratos de arrendamiento mensuales, de modo de asegurar continuidad en el servicio para la empresa de arriendo de equipos a cambio de una tarifa más baja. Es importante también considerar que se cobran costos de traslado de los equipos a obra, por lo que deben ser incorporados a los presupuestos.

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Características generales asociadas al manejo de materia prima.....	30	Tabla 25: Comparación de costos de edificio tipo en materialidades (Hanscomb Ltd., 2017).	78
Tabla 2: Maquinarias para el aserradero.....	31	Tabla 26: Duración de los respectivos proyectos	78
Tabla 3: Proceso de Secado y rectificación.....	31	Tabla 27: comparación de resultados FCL.....	78
Tabla 4: Tratamientos y Preservación	32	Tabla 28: Actividades ajustadas en presupuesto.....	80
Tabla 5: Clasificación estructural	32	Tabla 29: Valores de proyectos construcción tradicional.....	81
Tabla 6: Productos Ofrecido.....	33	Tabla 30: Subsidios D.S.49 otorgados.....	81
Tabla 7: Subproductos y Servicios Comercializados	33	Tabla 31: unidades D.S.01 y D.S.19 2021 -2023.....	81
Tabla 8: Escala de evaluación Superficies	35	Tabla 32: Estado actual PEH Maule y regiones aledañas	83
Tabla 9: Escala de evaluación Equipos de Transporte.....	35	Tabla 33: Criterios de selección para adjudicación de DS. 19.....	83
Tabla 10: Escala de evaluación TI.....	36	Tabla 34: Empresas que participan de licitaciones de subsidio habitacional en la región.....	85
Tabla 11: Escala de evaluación variedad de Oferta de Productos.....	36	Tabla 35: Herramientas recomendadas para la operación general.....	150
Tabla 12: Escala de evaluación Servicios de mantenimiento	37	Tabla 36: Herramientas para área de dimensionado.....	151
Tabla 13: Valoración de polos geográficos.....	37	Tabla 37: Herramientas para ensamble de chasis	151
Tabla 14: Títulos en OGUC	66	Tabla 38: Herramientas para el clavado de 1° y 2° cara.	151
Tabla 15: Estándar técnico de la vivienda y los proyectos habitacionales D.S.01.	67	Tabla 39: Equipo para el volteo de paneles	151
Tabla 16: Estándar técnico de viviendas para programas de habitabilidad rural.....	67	Tabla 40: Elementos de estación de habitación interior.....	151
Tabla 17: Cuadro normativo, resumen.....	68	Tabla 41: Herramientas y equipos de la línea de salida.....	152
Tabla 18: Estándar técnico de la vivienda y proyectos habitacionales D.S.49	68	Tabla 42: Estación de almacenamiento preentrega.....	152
Tabla 19: Definición de componentes constructivos.....	70	Tabla 43: Zona de acopio, estiba y carga.....	152
Tabla 20: Definición de componentes ajustada a exigencias adicionales PDA (Ministerio del Medio Ambiente, 2016).....	70	Tabla 44: Costo de personal de operaciones.....	152
Tabla 21: Resumen de duración de fases de producción.....	76	Tabla 45: Costo de personal de oficina técnica	153
Tabla 22: Costos de personal para la industria	77		
Tabla 23: Costos de personal de oficina técnica	77		
Tabla 24: resumen de costo horario de operación de la industria	77		

LISTADO DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

Índice de gráficos

Gráfico 1: Diferencia de costo entre materialidades..... 78

Gráfico 2: variación anual del déficit habitacional en zona de influencia. 82

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Procesos y productos de aserrío 25

Ilustración 2: Esquema Ilustrativo de Planta Industrializadora..... 34

Ilustración 3: Proceso metodológico de comparación de costo de sistemas constructivos. 62

Ilustración 4: Ejemplo de panel de muro, elaboración propia 73

Ilustración 5: vista en perspectiva de planta preliminar modelada.....74

Ilustración 6: esquema preliminar de desarrollo de la planta.....74

Ilustración 7: layout de planta preliminar74

Ilustración 8: Edificio modelado en hormigón armado..... 79

Ilustración 9: Edificio convertido a entramado ligero, Elaboración propia 80

Ilustración 10: Tabique por su cara posterior, muestra su estructura de pino cepillado seco..... 95

Ilustración 11: Tabique por su cara frontal, muestra sus placas de yeso cartón..... 95

Ilustración 12: Tabique por su cara posterior, este caso ejemplifica la posición de un vano de puerta. 95

Ilustración 13: Tabique con puerta por su cara frontal..... 95

Ilustración 14: Panel de NLT, Conformación General..... 96

Ilustración 15: Panel de NLT explotado, muestra patrones de clavado..... 96

Ilustración 16: Acercamiento al detalle de clavado, se aprecia como las líneas de clavos se desplazan entre capas..... 96

Ilustración 17: Vista en planta del patrón de clavado, esta muestra como los clavos se van intercalando por capas. 96

Ilustración 18: Muro de CLT Explotado, se visualizan las capas dispues-tas en forma vertical. 96

Ilustración 19: Celosía para filtro solar fabricada con piezas de madera de 1" x 3" (22mm x 65 mm) unidas por dos laterales de 2" x 3" (41mm x 65 mm) 97

Ilustración 20: Vista frontal de la celosía 97

Ilustración 21: celosía elaborada mediante la unión con hilo corrido. 97

Ilustración 22: Separador de ambientes, confeccionado con verticales de 2" x 3" (41mm x 65 mm) y soleras de 2" x 4" (41mm x 90 mm)..... 97

Ilustración 23: Timber grade MTS (Fuente: INFOR)..... 98

Ilustración 24: GoldenEye 702 (Fuente: INFOR) 98

Ilustración 25: Clasificación visual, pieza grado G2 (Fuente: INFOR)..... 98

Ilustración 26: Clasificación visual, pieza rechazada (Fuente: INFOR)..... 99

Ilustración 27: Xilohigrómetro portátil (Fuente: INFOR)99

Ilustración 28: Pieza rechazada, falla dimensional (Fuente: INFOR)..... 100

Ilustración 29: Muestra rótulo madera (Fuente: Madera21)..... 100

Ilustración 30: Panel entramado ligero muro (Fuente: CIM UC)..... 100

Ilustración 31: Panel entramado ligero piso (Fuente: CIM UC)..... 100

Ilustración 32: Sistema de cerchas en vivienda (Fuente: CORMA).....101

Ilustración 33: Unión placa dentada en cercha (Fuente: CORMA).....101

Ilustración 34: Unión placa dentada en cercha (Fuente: CORMA).....101

Ilustración 35: Adición de un tablero para proporcionar rigidez lateral.....101

Ilustración 36: Diafragma Rígido con OSB101

Ilustración 37: Diafragma rígido con terciado 102

Ilustración 38: Izquierda, se aprecia el pilar conformado, a la derecha pilar de madera explotado, entre las cuales se dispone el adhesivo. 102

Ilustración 39: Se presenta ejemplo de viga, las láminas se adhieren una sobre otra hasta alcanzar la altura requerida. 102

Ilustración 40: Ejemplo de Viga laminada encolada con prensado manual..... 102

BIBLIOGRAFÍA

- | Arquima. (s.f.). *Arquima*. <https://www.arquima.net/industrializacion-convencional/>
- | ArxadaQuimetal. (s.f.). *Antiblu 600 - Arxada Quimetal*. Retrieved 07 de 11 de 2023, from <https://www.arxada-quimetal.cl/productos/antiblu600/>
- | CMPC. (s.f.). *1989_5.2_Geometria+Astillas.pdf*. Retrieved 07 de 11 de 2023, from Eucalyptus.com: https://www.eucalyptus.com.br/artigos/1989_5.2_Geometria+Astillas.pdf
- | Corporación Chilena de la madera. (6 de Noviembre de 2023). *Manual de Buenas Prácticas-V3.pdf*. <https://www.corma.cl/wp-content/uploads/2021/08/Manual-Buenas-Practicas-V3.pdf>
- | DeficitCero. (2024). *Quinto reporte plan de emergencia habitacional*. DeficitCero.
- | Fabian, I. C. (06 de 2022). Importancia de la implementación de mantenimiento preventivo en las plantas de producción para optimizar procesos. *E-Idea Journal of Engineering Science*. Retrieved 07 de 11 de 2023, from https://www.researchgate.net/publication/363732914_Importancia_de_la_implementacion_de_mantenimiento_preventivo_en_las_plantas_de_produccion_para_optimizar_procesos
- | Guindos, P. (2019). *Fundamentos del Diseño y la construcción con madera*. Ediciones UC.
- | Hanscomb Ltd. (2017). *Encapsulated mass timber construction - cost comparison Canada. Construction, time & Maintenance cost - benefit report*. National research Council Canada. Vancouver: Hanscomb Ltd. Retrieved 29 de 11 de 2023, from <https://www.cisc-icca.ca/cisc-wp/wp-content/uploads/2017/12/NRC-COST-COMPARISON.pdf>
- | Instituto Nacional de Normalización. (s.f.). nCh 1198. Retrieved 07 de 11 de 2023, from <https://tipbook.iapp.cl/ak/f6cedab2f43b53969a80e8a264eb74d1e85512dc/embed/view/nch1198b>
- | Instituto Nacional de Normalización. (s.f.). NCH 819. Retrieved 17 de 11 de 2023, from Normas Técnicas MINVU: <https://tipbook.iapp.cl/ak/7ba2f4bd8e4ba-3715cad4afabda5061914006c38/embed/view/nch819>
- | Instituto Nacional de Normalización. (s.f.). NCH176. Retrieved 07 de 11 de 2023, from Normas técnicas MINVU: <https://tipbook.iapp.cl/ak/7ba2f4bd8e4ba-3715cad4afabda5061914006c38/embed/view/nch176>
- | Mikel, F., Alejandro, V., Jesús, O., Pablo, P., Daniela, B., & Ítalo, S. (2022). *Metodología para la construcción industrializada*. (C. d. Industrializada, Ed.) Retrieved 30 de 11 de 2023, from RECURSOS - Consejo de Construcción Industrializada: <https://construccionindustrializada.cl/recursos-2/>
- | Ministerio de desarrollo social. (2022). *Encuesta CASEN Actualización*. Ministerio de desarrollo social.
- | Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (16 de Mayo de 2016). *Aprueba cuadro estándar técnico de habitabilidad rural del programa de habitabilidad rural ds n 10 (V. u U) de 2015*.
- | Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (21 de junio de 2017). *Decreto 10 reglamenta programa de habitabilidad rural*. Santiago: Diario Oficial de la Republica de Chile.
- | Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (16 de Junio de 2017). *Resolución exenta N° 7712. Aprueba cuadro normativo y tabla de espacios y usos monimos para el mobiliario, para proyectos del programa fondo solidario de elección de vivienda d.s.n° 49 (V. y U.) de 2011*.
- | Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (23 de Julio de 2020). *Decreto 49 Aprueba reglamento del programa fondo solidario de elección de vivienda*. Chile.
- | Ministerio de Vivienda y Urbanismo. (2020). *Ordenanza General de Ubrabismo y Construcciones*. Diario Oficial de la republica de chile.
- | Ministerio del Medio Ambiente. (2016). *Establece plan de descontaminación atmosférica para las comunas de Talca y Maule*. :<https://www.leychile.cl/N?i=1088772&f=2016-03-28&p=>
- | MIT. (s.f.). *Tienda-MIT-Metalúrgica Industrial Tobalaba*. Retrieved 09 de 11 de 2023, from <https://www.mit.cl/productos/>
- | Polomadera. (2019). *Oportunidades de Manufactura avanzada para industria de la construcción en madera*. Concepción: Universidad de concepción.
- | Serra, E. (2023). *Linea de clasificación*.
- | WEINIG. (s.f.). *Cepilladoras y Moldureras - WEINIG*. Retrieved 09|<https://www.weinig.com/es/madera-maciza/cepilladoras-y-moldureras.html> de 11 de 2023.
- | WOODMIZER PERÚ. (s.f.). *PC200 Despuntadora | Woodmizer Perú*. Retrieved 09 de 11 de 2023, from <https://woodmizer.pe/pc200-despuntadora>

